



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 196 21 272 A 1

⑳ Aktenzeichen: 196 21 272.3
㉑ Anmeldetag: 25. 5. 96
㉒ Offenlegungstag: 27. 11. 97

㉓ Int. Cl. 6:
H 04 L 12/40
G 08 C 15/06
G 06 F 13/38
H 02 J 13/00
B 60 R 16/02

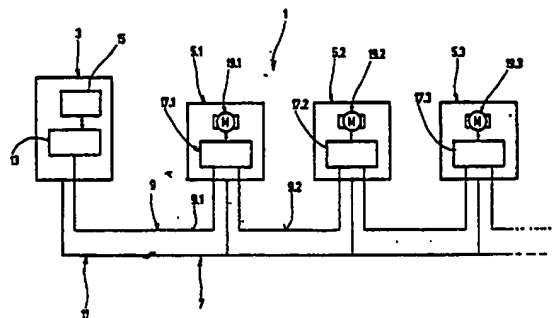
DE 196 21 272 A 1

㉔ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

㉕ Erfinder:
Aab, Volker, 77839 Lichtenau-Ulm, DE; Knecht,
Gerhard, Dipl.-Ing. (FH), 76473 Iffezheim, DE;
Buehren, Harald, Dipl.-Ing. (FH), 77833 Ottersweier,
DE

㉖ Adressierungsvorrichtung für eine Nebenstation eines seriellen Bussystems und Verfahren zur Adressierung einer Nebenstation

㉗ Die Erfindung betrifft eine Adressierungsvorrichtung für eine Nebenstation (Slave) eines seriellen Bussystems, das vorzugsweise eine Hauptstation (Master), wenigstens zwei Nebenstationen (5.1, 5.2) und eine Datenleitung umfasst, mit einer Steuereinrichtung (21), die mit der Datenleitung (9) verbunden ist, und mit einer Schaltvorrichtung (23), die in die Datenleitung (9) zur nachfolgenden Nebenstation (5) eingekoppelt ist, um die Datenleitung (9) abhängig von einem Schaltsignal der Steuereinrichtung (21) zu unterbrechen. Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein Verfahren zur Adressierung einer Nebenstation, die die vorgenannte Adressierungsvorrichtung aufweist.



DE 196 21 272 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Adressierungsvorrichtung für eine Nebenstation eines seriellen Bussystems, das vorzugsweise eine Hauptstation, wenigstens zwei Nebenstationen und eine Datenleitung umfaßt, mit einer Steuereinrichtung, die mit der Datenleitung verbunden ist. Die Erfindung betrifft darüber hinaus ein Bussystem, vorzugsweise für Kraftfahrzeuge, mit einer Hauptstation und wenigstens zwei Nebenstationen, sowie ein Verfahren zur Adressierung einer Nebenstation.

Aus der DE-OS 43 40 048 ist ein gattungsgemäßes Bussystem bekannt. Es umfaßt eine Hauptstation (im folgenden Master genannt) und mehrere Nebenstationen (im folgenden Slaves genannt), die auf eine gemeinsame Busleitung zugreifen und Daten austauschen können. Die Adressierung der einzelnen Slaves erfolgt dabei über individuelle Kennzeichnungen, beispielsweise Seriennummern, die zumeist herstellerseitig vorgegeben sind. Bei der Konfiguration des Bussystems müssen also diese in den Slaves hardwaremäßig implementierten Kennzeichnungen in einem Speicher des Masters abgelegt und beispielsweise mit einer funktionsspezifischen Angabe des jeweiligen Slaves verknüpft werden.

Diese Art der Adressierung über in Slaves abgelegte Kennzeichnungen ist verbesserungswürdig, insbesondere im Hinblick auf eine Verringerung des Hardware-Aufwands. Auch im Hinblick auf den Konfigurationsablauf ist eine Vereinfachung wünschenswert, wenn man davon ausgeht, daß in jedem Bussystem andere Kennzeichnungs-Werte (bei der Verwendung einer für jeden Slave unterschiedlichen Seriennummer) zu berücksichtigen sind.

Die Aufgabe der Erfindung besteht deshalb darin, eine Adressierungsvorrichtung anzugeben, die eine von fest in den Slaves implementierten Kennzeichnungen unabhängige Adressierung ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch die Adressierungsvorrichtung gemäß Anspruch 1 gelöst.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein einfach durchzuführendes Verfahren zur Adressierung von Slaves anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch das im nebengeordneten Verfahrensanspruch angegebene Verfahren gelöst.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Adressierungsvorrichtung für eine Nebenstation (Slave) eines seriellen Bussystems weist den Vorteil auf, daß die Hinterlegung einer individuellen einzigartigen Kennzeichnung in jedem Slave, beispielsweise während der Produktion, entfällt. Damit wird einerseits die Produktion der Slaves und andererseits die Konfiguration eines diese Slaves aufweisenden Bussystems vereinfacht.

Dadurch, daß die Adressierung der in einem seriellen Bussystem vorgesehenen Slaves anhand ihrer Position innerhalb der Hintereinanderschaltung von Slaves erfolgt, sind individuelle Kennzeichnungen in den Slaves überflüssig. Jeder Slave weist dafür eine Schaltvorrichtung auf, die in die zum nachfolgenden Slave führende Datenleitung eingekoppelt ist. Die Schaltvorrichtung ihrerseits kann vom Master über die Datenleitung angesteuert werden, um sie entweder zu schließen oder zu öffnen. Ist die Datenleitung zum nachfolgenden Slave

durchgeschaltet, werden die von der Steuereinrichtung weiterhin abgegriffenen Daten jedoch ignoriert.

Besonders vorteilhaft ist die Verwendung eines Transistors, vorzugsweise eines Feldeffekttransistors als Schaltvorrichtung.

Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung als Mikroprozessor ausgeführt, so daß komplexere Aufgaben unabhängig vom Master durchführbar sind.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es möglich, eine Adressierung eines Slaves besonders einfach und unabhängig von in den Slaves hinterlegten Kennzeichnungen durchzuführen. Dafür wird die Datenleitung mit Hilfe der Adressierungsvorrichtungen, vorzugsweise ausgehend von der dem Master benachbarten Nebenstation so lange zur nachfolgenden Nebenstation durchgeschaltet, bis die gewünschte Position und damit die gewünschte Nebenstation erreicht ist. Dadurch, daß die Slaves mit durchgeschalteter Datenleitung die ankommenden Daten ignorieren, empfängt und reagiert also nur der gewünschte Slave auf die vom Master ausgesendeten Befehle.

Vorzugsweise wird vor jeder Adressierung ein "Reset" ausgeführt, das heißt, alle Schaltvorrichtungen werden unterbrochen, so daß lediglich der dem Master benachbarte Slave empfangsbereit ist.

Als besonders vorteilhaft hat sich das Verfahren in sogenannten CAN-Bussystemen herausgestellt, wobei den Slaves vorzugsweise Stellantriebe zugeordnet sind.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Unteransprüchen und in Verbindung mit der folgenden Beschreibung.

Zeichnung

Die Erfindung wird nun anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die Zeichnungen erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Abschnitts eines Bussystems;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Nebenstation (Slave);

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Schaltvorrichtung, und

Fig. 4 ein Flußdiagramm zur Erläuterung der Funktionsweise der Adressierung einer Nebenstation.

Ausführungsbeispiel

In Fig. 1 ist ein Bussystem 1 dargestellt, das eine modular aufgebaute Hauptstation 3, im folgenden auch Master genannt, und drei modular aufgebaute Nebenstationen 5.1, 5.2 und 5.3, im folgenden auch Slaves genannt, umfaßt. Die einzelnen Stationen 3, 5 sind an einen Bus 7 angeschlossen, der eine Datenleitung 9 und zwei Energieversorgungsleitungen 11 aufweist.

Bei dem Bussystem 1 handelt es sich um ein sogenanntes CAN-Bussystem, bei dem die Anzahl der Datenleitungen und das Übertragungsprotokoll festgelegt sind. Ein solches CAN-Bussystem wird vorzugsweise im Kfz-Bereich eingesetzt. So werden beispielsweise die unterschiedlichen Heizklappenantriebe eines Kfz-Klimatisierungssystems jeweils über ein Slave 5 angesteuert, das Steuerungsdaten vom Master 3 empfängt.

Der Master 3 weist zumindest einen Rechner 13 auf, der mit einer Speichereinheit 15 verbunden ist. Der Rechner 13 selbst enthält die nicht dargestellte CAN-Schnittstelle, die mit der Datenleitung 9 verbunden ist.

Der Rechner 13 übernimmt die übergeordnete Koordination der einzelnen Slaves 5, wertet die von den Slaves kommenden Daten aus und gibt entsprechende Steuerungsbefehle ab, die dann in dem jeweiligen Slave ein bestimmtes Steuerungsprogramm auslösen.

Die im vorliegenden Ausführungsbeispiel baugleich ausgeführten Slaves 5 weisen jeweils eine Adressierungsvorrichtung 17.1, 17.2 beziehungsweise 17.3 auf, die ihrerseits mit einem Motor 19.1, 19.2 beziehungsweise 19.3 eines Stellantriebs verbunden sind.

Fig. 1 läßt deutlich erkennen, daß die Datenleitung 9 nicht ununterbrochen verläuft, wie dies bei den Energieversorgungsleitungen 11 der Fall ist, sondern daß die Adressierungsvorrichtungen 17 in die Datenleitung 9 eingekoppelt sind. Das heißt, daß die Datenleitung 9 ausgehend von dem Rechner 13 des Masters 3 zu der Adressierungsvorrichtung 17.1 des benachbarten Slaves 5.1 verläuft. Von der Adressierungsvorrichtung 17.1 ist die Datenleitung 9 dann zu der Adressierungsvorrichtung 17.2 des benachbarten Slaves 5.2 geführt. Dieser Verlauf der Datenleitungen 9 wiederholt sich dann entsprechend der Anzahl der angeschlossenen Slaves 5.

In Fig. 2 ist exemplarisch für alle angeschlossenen Slaves ein einzelner Slave 5.1 genauer dargestellt. So umfaßt die Adressierungsvorrichtung 17.1 eine Steuereinrichtung 21.1 und eine Schaltvorrichtung 23.1. Nicht dargestellt ist die zur Übertragung der Daten notwendige CAN-Schnittstelle.

Die Steuereinrichtung 21.1 steuert den Motor 19.1 abhängig von bestimmten abgespeicherten Steuerungsprogrammen an. Die Befehle zur Ausführung dieser Steuerungsprogramme empfängt die Steuereinrichtung 21.1 über die Datenleitung 9, mit der sie innerhalb der Adressierungsvorrichtung 17.1 verbunden ist.

Diese — in der Figur von links kommende — Datenleitung 9 ist über die Schaltvorrichtung 23.1 zu dem nachfolgenden Slave 5.2 geführt. Abhängig von einem über eine Steuerleitung 25 übertragenen Steuersignal der Steuereinrichtung 21 wird die Schaltvorrichtung 23 geöffnet oder geschlossen. Das heißt, daß in geöffnetem Zustand keine Verbindung zwischen der linken Datenleitung 9.1 und der rechten Datenleitung 9.2 besteht, während im geschlossenen Zustand eine Verbindung hergestellt ist.

Besonders vorteilhaft ist der Einsatz eines Feldeffekttransistors 27 als Schaltvorrichtung 23, wie dies in Fig. 3 schematisch dargestellt ist. Dabei ist die Steuerleitung 25 mit dem Gate des FET's verbunden, während die Datenleitungen 9.1 und 9.2 mit dem Drain beziehungsweise dem Source des FET verbunden sind. Selbstverständlich sind auch andere elektrisch ansteuerbare Schalter denkbar.

Die Funktionsweise der Adressierungsvorrichtung 17 und das Verfahren zur Adressierung eines bestimmten Slaves 5 wird nun anhand des Flußdiagramms der Fig. 4 erläutert.

Im vorliegenden Beispielfall soll der Slave 5.3 vom Master 3 angesprochen werden. Dazu werden zunächst alle Schaltvorrichtungen 23 der Slaves 5, beispielsweise über ein "RESET", in den geöffneten Zustand gebracht. Somit ist lediglich der Slave 5.1 mit dem Master 3 über die Datenleitung 9 verbunden.

Nun wird das in Fig. 4 gezeigte Programm gestartet. Dabei wird in Schritt 101 zunächst ein interner Zähler i auf den Wert 1 gesetzt. Anschließend sendet der Master 3 in Schritt 102 einen Befehl beziehungsweise eine Nachricht "BUS DURCHSCHALTEN" über die Datenleitung 9 ab. Dieser Befehl wird lediglich von der Steuer-

einrichtung 21.1 des Slaves 5.1 empfangen und bewirkt, daß die Steuereinrichtung 21.1 über die Steuerleitung 25 ein Steuersignal absendet, das zu einem Schließen der Schaltvorrichtung 23.1 führt (Schritt 103). Damit ist eine Datenleitungsverbindung zwischen dem Master 3 und dem aus der Sicht des Masters an zweiter Position angeordneten Slave 5.2 hergestellt.

Gleichzeitig mit dem Durchschalten der Schaltvorrichtung 23.1 wird die Steuereinrichtung 21.1 in einen Modus gesetzt, in dem sie die weiterhin über die Datenleitung 9.1 ankommenden Daten im wesentlichen ignoriert. Lediglich ein allgemeiner Befehl "BUS ABKOPPELN" führt zu einer Aktion, nämlich dem Öffnen der Schaltvorrichtung 23.1. Dieser Befehl wird beispielsweise bei einem "RESET" abgesendet.

In Schritt 104 wird der interne Zähler i um 1 inkrementiert, im vorliegenden Fall also von 1 auf 2.

Anschließend wird in Schritt 105 dieser Wert i mit der Nummer N des zu adressierenden Slaves verglichen. Da Slave 5.3 angesprochen werden soll, ist $N = 3$ zu setzen.

Somit liefert der Vergleich in Schritt 105 ein "NEIN", so daß zu Schritt 101 zurückgesprungen wird.

Nun werden die eben beschriebenen Schritte 101 bis 105 nochmals durchlaufen, wobei jedoch nicht der Slave 5.1, sondern nunmehr der Slave 5.2 betroffen ist. Auch dessen Schaltvorrichtung 23.2 wird geschlossen, so daß nach Erreichen des Schrittes 105 eine Datenleitungsverbindung zwischen dem Master 3 und dem Slave 5.3 hergestellt ist.

Der Vergleich in Schritt 105 ergibt nun das Ergebnis "JA", da der interne Zähler i den Wert 3 erreicht hat. Somit wird nicht zurück zu Schritt 101 verzweigt, sondern zu dem nachfolgenden Schritt 106.

In diesem Schritt setzt der Master 3 die für den Slave 5.3 gedachte Nachricht beziehungsweise den Steuerungsbefehl ab. Dieser Befehl wird über die bis zum Slave 5.3 durchgeschaltete Datenleitung 9 übertragen und von der Steuereinrichtung 21.3 des Slaves 5.3 in Schritt 107 empfangen und entsprechend ausgewertet. So kann diese Nachricht beispielsweise die Angabe einer Drehrichtung und eines Drehwinkels enthalten, die der Motor 19.3 ausführen soll. Da die Steuereinrichtungen 21.1 und 21.2 der beiden vorgeschalteten Slaves 5.1 und 5.2 sich im Modus "IGNORIEREN" befinden, führt der vom Master abgesetzte Befehl nicht zu einer Betätigung der Motoren 19.1 und 19.2.

In diesem Zustand kann der Slave 5.3 nicht nur die vom Master 3 abgeschickten Nachrichten empfangen, sondern kann seinerseits beispielsweise bestimmte Meßdaten zum Master 3 übertragen.

In Schritt 108 prüft der Master 3, ob er noch Nachrichten zu versenden hat, die die Slaves betreffen, die dem eben angesprochenen Slave 5.3 nachgeordnet sind, das heißt, Fälle mit einem $N > 3$. Ist dies der Fall, verzweigt das Programm wieder zu Schritt 101, um die Abfolge der Schritte ab 101 durchzuführen.

Andernfalls wird zu Schritt 109 verzweigt, bei der Master 3 den Befehl "BUS ABKOPPELN" absende. Wie bereits erwähnt, reagieren auf diesen Befehl alle Slaves 5, deren Steuereinrichtungen 21 mit der Datenleitung 9 verbunden sind.

Im vorliegenden Fall bedeutet das, daß die Schaltvorrichtungen 23 der Slaves 5.1 und 5.2 geöffnet werden. Damit ist der Grundzustand wieder erreicht, von dem das zuvor beschriebene Adressierungsverfahren ausging.

Bei der eben beschriebenen Adressierung eines Slaves ist es also nicht mehr notwendig, in den Slaves hard-

waremäßig implementierte Adreßnummern im Master zu hinterlegen und die Adressierung anhand dieser Adreßnummer vorzunehmen. Vielmehr ist in der Speichereinheit 15 des Masters 3 lediglich die Reihenfolgennummer eines Slaves, die von der Anzahl der zwischen diesem und dem Master angeordneten Slaves abhängt, abgelegt. Die hardwaremäßige Implementierung einer Adreßnummer kann somit entfallen.

Die vorgenannte Art der Adressierung bietet noch weitere Vorzüge, die im folgenden ohne Bezugnahme auf eine Figur erläutert werden sollen.

Das serielle Durchschalten der Datenleitung 9 zur Adressierung eines bestimmten Slaves ermöglicht zusätzlich eine einfache Lokalisierung möglicher Defekte an der Busleitung 7. Dazu sendet der Master 3 eine Nachricht "DIAGNOSE" ab, die der momentan empfangsbereite Slave empfängt und auswertet. Befindet sich der Slave in einem fehlerfreien Zustand, sendet er eine Quittierungsnachricht an den Master zurück.

Empfängt der Master 3 keine Quittierungs-Nachricht, so ist entweder die Datenleitung 9 zum entsprechenden Slave unterbrochen, oder der Programmablauf innerhalb des Slaves ist gestört. Um diese beiden Fälle zu unterscheiden, generiert der Master 3 ein "POWER ON RESET", bei dem die Energieversorgung der Slaves kurzzeitig unterbrochen wird. Diese kurzzeitige Unterbrechung führt in jedem Slave zu einem RESET, das heißt, zu einem Neustart seines jeweiligen Programms.

Führt die daraufhin abgesetzte Nachricht "DIAGNOSE" an den zuvor nicht quittierenden Slave wiederum zu keiner Quittierungs-Nachricht, so kann mit großer Wahrscheinlichkeit von einer Unterbrechung der Datenleitung 9 ausgegangen werden, und zwar zwischen Master 3 und dem angesprochenen Slave. Anhand der Nummer des zuletzt ordnungsgemäß quittierenden Slaves kann der Master 3 eine weitere Eingrenzung des Fehlerortes vornehmen.

Das beschriebene Adressierungsverfahren bietet darüber hinaus die Möglichkeit, auf die sogenannte "WATCHDOG"-Funktion innerhalb der Slaves zu verzichten. Unter dieser WATCHDOG-Funktion ist zu verstehen, daß jeder Slave in regelmäßigen Zeitintervallen eine Nachricht an den Master absendet, um ihm seine korrekte Funktion mitzuteilen.

Dadurch, daß die Slaves bei dem vorgenannten Adressierungsverfahren in regelmäßigen Zeitintervallen angesprochen werden, kann die WATCHDOG-Funktion vom Master 3 durchgeführt werden, indem er nach dem Absetzen eines Befehls "BUS DURCHSCHALTEN" den Befehl "DIAGNOSE" sendet. Dieser Befehl muß von dem nun zugeschalteten Slave mit der Nachricht "QUITTIERUNG" beantwortet werden.

Mit diesem Quittierungs-Signal kann der sendende Slave natürlich auch eigene Nachrichten, beispielsweise Status, Zählerstände, Diagnosemeldungen und so weiter, an den Master 3 absetzen.

Die vorgenannte Adressierung läßt sich auch dazu nutzen, den einzelnen Slaves eine Adreßnummer zuzuordnen, über die sie im Betrieb ohne vorheriges Durchschalten direkt ansprechbar sind. Dazu wird beispielsweise der Wert des Zählers I jeweils im entsprechenden Slave in einem Speicher abgelegt. Dieser Zähler dient dann als Adreßnummer für den jeweiligen Slave.

Eine erneute Vergabe der Adresse ist erst dann notwendig, wenn die Betriebsspannung abgeschaltet wurde.

Bei dieser Betriebsweise ist zu beachten, daß alle Slaves durchgeschaltet sind, und daß der Modus "Ignorie-

ren" dann verlassen wird, wenn der jeweilige Slave ein Datum empfangen hat, das seiner Adreßnummer entspricht.

Patentansprüche

1. Adressierungsvorrichtung für eine Nebenstation eines seriellen Bussystems, das vorzugsweise eine Hauptstation (3), wenigstens zwei Nebenstationen (5.1, 5.2) und eine Datenleitung umfaßt, mit einer Steuereinrichtung (21), die mit der Datenleitung (9) verbunden ist, gekennzeichnet durch eine Schaltvorrichtung (23), die in die Datenleitung (9) zur nachfolgenden Nebenstation (5) eingekoppelt ist, um die Datenleitung (9) abhängig von einem Schaltsignal der Steuereinrichtung (21) zu unterbrechen.

2. Adressierungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltvorrichtung (23) ein Transistor, vorzugsweise ein Feldeffekttransistor, ist, dessen Steuereingang mit der Steuereinrichtung (21) verbunden ist.

3. Adressierungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (21) als Mikroprozessor ausgebildet ist.

4. Adressierungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (21) derart ausgebildet ist, daß sie ankommende Daten ignoriert, sofern die Schaltvorrichtung (23) im nicht-unterbrochenen Zustand ist.

5. Adressierungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (21) einen Speicher aufweist, in den eine Adreßnummer einschreibbar ist.

6. Bussystem, vorzugsweise für Kraftfahrzeuge, mit einer Hauptstation (3) und mindestens zwei Nebenstationen (5), die jeweils eine Adressierungsvorrichtung (17) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 aufweisen, dadurch gekennzeichnet, daß die Hauptstation eine Speichereinheit (15) umfaßt, in der zu jeder Nebenstation die Anzahl der ihr vorgelagerten Nebenstationen abgelegt ist.

7. Bussystem nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuordnungstabelle manuell einstellbar ist.

8. Bussystem nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß es ein CAN-Bussystem ist.

9. Verfahren zur Adressierung einer Nebenstation (5) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswahl der anzusprechenden Nebenstation abhängig von deren Reihenfolge-Position innerhalb der hintereinander angeordneten Nebenstationen durchgeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur Auswahl der N-ten Nebenstation, beginnend bei der dem Master benachbarten ersten Nebenstation (5.1), die Datenleitung (9) der Reihe nach von einer Nebenstation zur nächsten bis zur N-ten Nebenstation durchgeschaltet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß vor jeder Auswahl alle Nebenstationen (5) von der Datenleitung (9) abgekoppelt werden, so daß lediglich die der Hauptstation (3) benachbarte Nebenstation (5.1) über die Datenleitung (9) Daten von der Hauptstation empfängt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder

11, dadurch gekennzeichnet, daß nach jedem Durchschalten einer Nebenstation (5) eine DIAGNOSE-Nachricht von der Hauptstation (3) abgesetzt wird, die die angesprochene Nebenstation bei korrekter Funktion mit einem QUITTIERUNGS- 5
Signal beantwortet.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

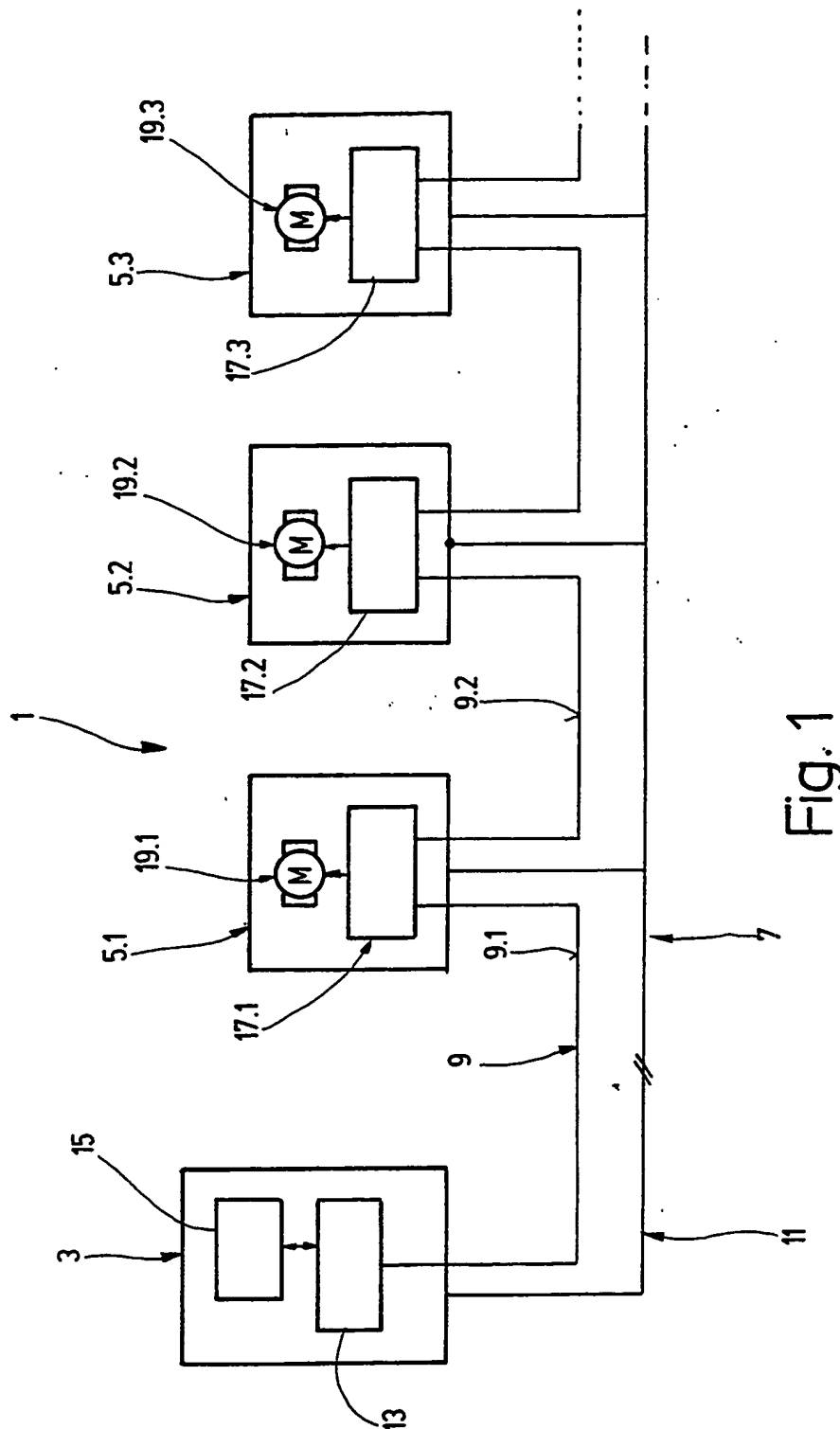


Fig. 1

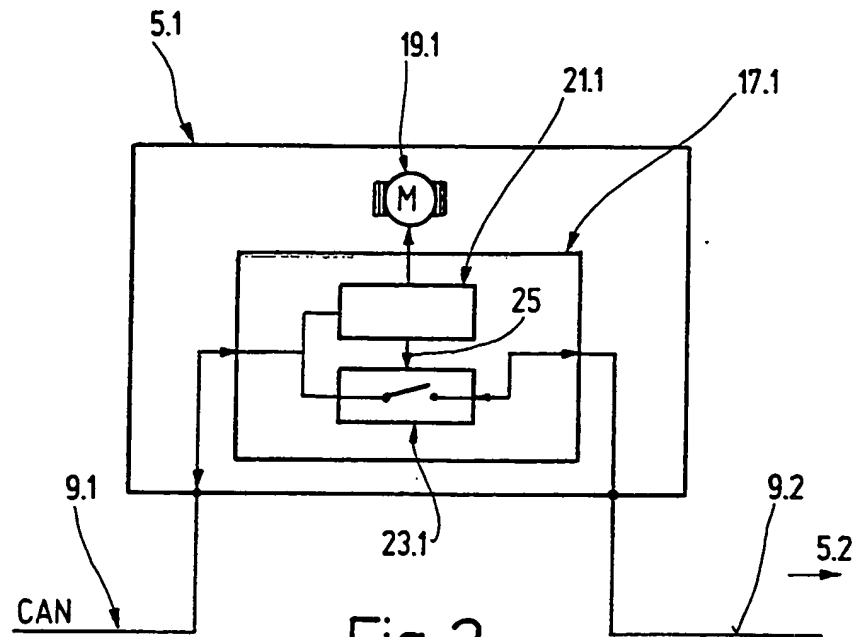


Fig. 2

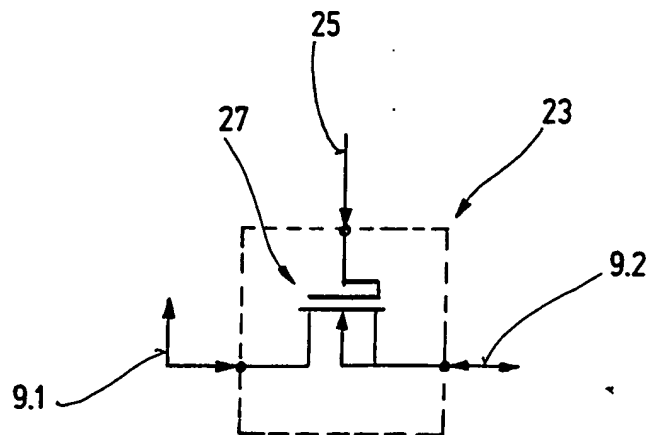


Fig. 3

Schritt

101

101

102

103

104

105

106

107

108

109

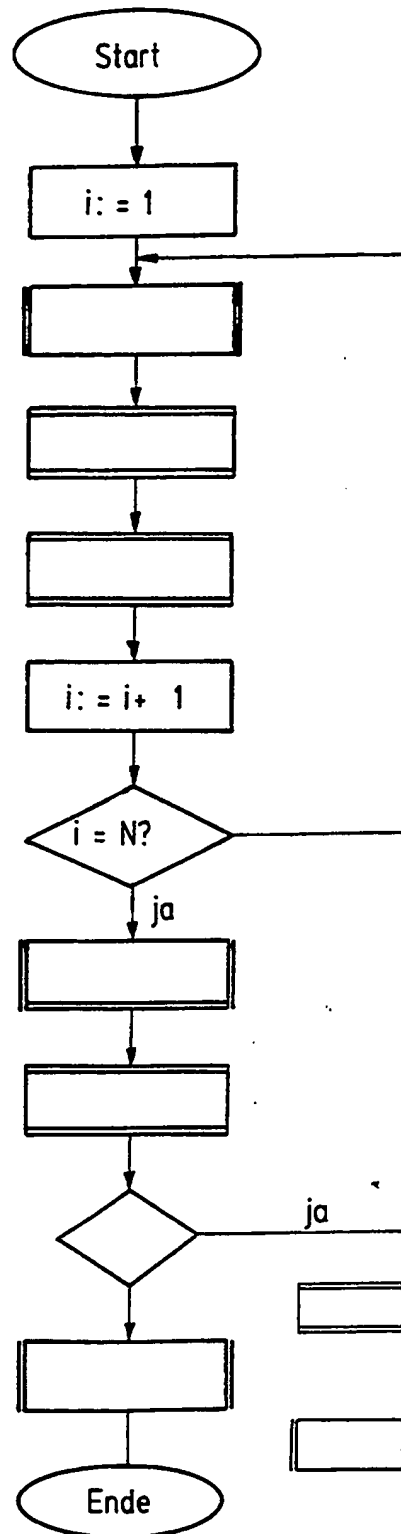


Fig. 4

 ≙ vom Slave i durchgeführte Aktion

 ≙ vom Master abgeschickter Befehl



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 197 33 906 C 2

⑤① Int. Cl.⁶:
H 04 L 12/403

②① Aktenzeichen: 197 33 906.9-31
②② Anmeldetag: 5. 8. 97
④③ Offenlegungstag: 11. 2. 99
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 30. 9. 99

DE 197 33 906 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

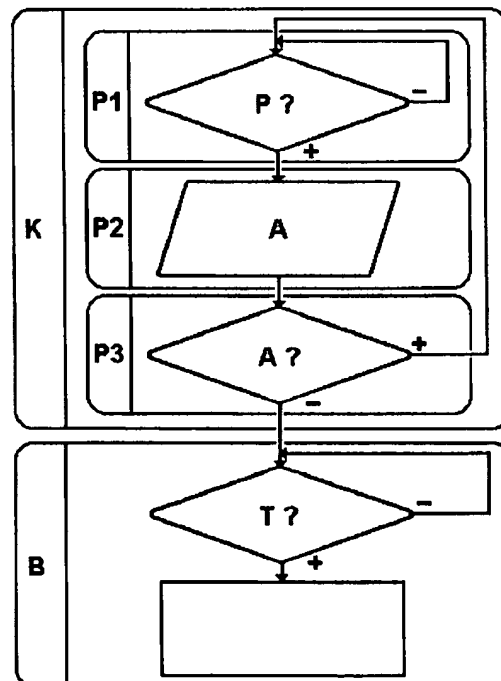
⑦③ Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Lorenz, Joachim, Dipl.-Ing. (FH), 91334 Hemhofen,
DE; Weber, Karl, Dr.-Ing., 90518 Altdorf, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 1 95 45 566 A1

⑤④ Verfahren zur automatischen Adreßvergabe, Bussystem zur automatischen Adreßvergabe und Kommunikationsteilnehmer, die im Bussystem bzw. im Rahmen des Verfahrens einsetzbar sind

⑤⑦ Verfahren zur automatischen Adreßvergabe in einem Kommunikationssystem mit mehreren Kommunikationsteilnehmern (M, S1, S2, ...) von denen mindestens einer, im folgenden Master (M), eine übergeordnete Funktion wahrnimmt, wobei der Master (M) zur Adreßvergabe eine bestimmte Signalfolge (P), im folgenden Präambel (P), aussendet, die von den verbleibenden Kommunikationsteilnehmern (S1, S2, ...), im folgenden Slaves (S1, S2, ...), empfangen wird, wobei jeder Slave (S1, S2, ...), dem noch keine Adresse zugeordnet wurde, als Antwort auf die Präambel (P) unverzüglich eine Signalfolge (A) aussendet, wobei derjenige Slave (S1, S2, ...), der die Präambel (P) zeitlich zuletzt empfängt, anhand der Tatsache, daß nach der von ihm ausgesandten Signalfolge (A) innerhalb einer vorgegebenen Zeit keine weiteren Aktionen in dem Kommunikationssystem stattfinden, erkennt, daß in dem Kommunikationssystem räumlich nach ihm keine weiteren Slaves (S1, S2, ...) ohne Adreßzuordnung vorhanden sind und daraufhin in einen normalen Empfangsmodus schaltet, der den Empfang eines Tauftelegramms (T) vom Master (M) ermöglicht, mit dem die Adreßvergabe für diesen Slave (S1, S2, ...) erfolgt, wobei die weiteren Slaves (S1, S2, ...) ohne Adreßzuordnung, die nach ihrer eigenen Antwort (A) Aktionen in dem Kommunikationssystem erkennen, erneut auf die Präambel (P) des Masters (M) warten.



DE 197 33 906 C 2

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Adreßvergabe in einem Bussystem mit mehreren Kommunikationsteilnehmern bzw. ein Bussystem mit mehreren für eine automatische Adreßvergabe geeigneten Kommunikationsteilnehmern bzw. die Kommunikationsteilnehmer, die in dem Bussystem bzw. im Rahmen des Verfahrens einsetzbar sind. Dabei handelt es sich bei dem Kommunikationssystem um ein Bussystem, bei dem für die Kommunikationsteilnehmer selbst keine Mittel zur Adreßvergabe, wie z. B. elektronische oder mechanische Schalter, Mittel zur Signalverzögerung, etc., vorgesehen sind.

Ein Verfahren zur automatischen Adreßvergabe bei dem die an den Bus angeschlossenen Kommunikationsteilnehmer jeweils selbst Mittel zur Adreßvergabe aufweisen, ist z. B. mit dem Automatisierungsgerät S7-300 der SIEMENS Aktiengesellschaft bekannt, bei dem die an den Bus angeschlossenen Kommunikationsteilnehmer z. B. elektrisch aktive Komponenten aufweisen, mit denen für den jeweiligen Kommunikationsteilnehmer bewirkbar ist, daß sich eine von einem übergeordneten Kommunikationsteilnehmer ausgesandte Signalfolge am jeweiligen Kommunikationsteilnehmer anders darstellt, als bei eventuell an dem Bus weiter vorhandenen Kommunikationsteilnehmern. Dabei ist z. B. gewährleistet, daß die vom übergeordneten Kommunikationsteilnehmer ausgesandte Signalfolge zunächst nur bis zum ersten Kommunikationsteilnehmer gelangt; dieser Kommunikationsteilnehmer modifiziert die empfangene Signalfolge, leitet daraus seine eigene Adresse ab und leitet die modifizierte Signalfolge an den nächstkommenden Kommunikationsteilnehmer erst dann weiter, wenn die Modifikation der Signalfolge und die Ableitung der Adresse abgeschlossen ist. Der zweite Kommunikationsteilnehmer am Bus verfährt nach dem gleichen Verfahren. Ein ähnliches Verfahren ist in der DE 195 45 566 beschrieben.

Ein Verfahren zur automatischen Adreßvergabe ist ferner für einen übergeordneten Kommunikationsteilnehmers, der zur kommunikativen Verbindung mit weiteren Kommunikationsteilnehmern jeweils einen sogenannten port aufweist, bekannt, wobei jeder der Kommunikationsteilnehmer mit jeweils einem dieser ports des übergeordneten Kommunikationsteilnehmers verbindbar ist, wobei implizit über die Verbindung mit dem jeweiligen port die Adresse des jeweiligen Kommunikationsteilnehmers festgelegt ist. Derartige sternförmige Verbindungen werden auch Punkt-zu-Punkt-Verbindungen genannt und kommen beispielsweise beim Anschluß von Peripheriegeräten an einen Personalcomputer zum Einsatz. Ports dieser Art sind z. B. aus Puttkamer, Ewald von [Bearb.]; Der Computer; Meyers Lexikonverl., Wien, Zürich, 1990, Seite 92, bekannt.

Eine automatische Adreßvergabe ist bisher für Kommunikationssysteme, insbesondere Bussysteme, insbesondere serielle Bussysteme, bei denen für die einzelnen Kommunikationsteilnehmer keine Mittel zur Adreßvergabe vorgesehen sind, nicht möglich.

Ferner darf in einem Bussystem aufgrund der Topologie eine Adresse, auch eine Default-Adresse, nur einmal vorkommen, da sonst eine eindeutige Identifizierbarkeit der Kommunikationsteilnehmer, und damit eine eindeutige Datenübertragung, nicht möglich ist.

Darüber hinaus ist bei bisher bekannten Bussystemen das gleichzeitige Aufnehmen mehrerer Kommunikationsteilnehmer in das Bussystem nicht möglich. Neu hinzukommende Kommunikationsteilnehmer sind grundsätzlich anhand einer vorgebbaren Default-Adresse als neue Kommunikationsteilnehmer erkennbar, so daß im Falle des gleichzeitigen Hinzunehmens mehrerer Kommunikationsteilnehmer

mit identischen Default-Adressen eine Mehrdeutigkeit vorliegt, die das gleichzeitige automatische Aufnehmen mehrerer Kommunikationsteilnehmer unmöglich macht. Ein ähnliches Problem ergibt sich auch beim Tausch von defekten Kommunikationsteilnehmern, sofern beim Tausch ein Kommunikationsteilnehmer mit bereits vergebener Adresse an das Kommunikationssystem angeschlossen wird.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht folglich darin, ein Verfahren zur automatischen Adreßvergabe in einem Bussystem der oben genannten Art mit mehreren Kommunikationsteilnehmern bzw. ein Bussystem mit mehreren für eine automatische Adreßvergabe geeigneten Kommunikationsteilnehmern bzw. die in dem Bussystem bzw. im Rahmen des Verfahrens einsetzbaren Kommunikationsteilnehmer anzugeben, mit denen die oben genannten Probleme vermieden werden.

Diese Aufgabe wird gelöst mittels eines Verfahrens zur automatischen Adreßvergabe in einem Kommunikationssystem mit mehreren Kommunikationsteilnehmern, von denen mindestens einer, im folgenden Master, eine übergeordnete Funktion wahrnimmt, wobei der Master zur Adreßvergabe eine Signalfolge, im folgenden Präambel, aussendet, die von den verbleibenden Kommunikationsteilnehmern, im folgenden Slaves, empfangen wird, wobei jeder Slave, dem noch keine Adresse zugeordnet wurde, als Antwort auf die Präambel unverzüglich eine Signalfolge aussendet, wobei derjenige Slave, der die Präambel zeitlich zuletzt empfängt, anhand der Tatsache, daß nach der von ihm ausgesandten Signalfolge innerhalb einer vorgegebenen Zeit keine weiteren Aktionen in dem Kommunikationssystem stattfinden, erkennt, daß vom Master aus gesehen in dem Kommunikationssystem räumlich nach ihm keine weiteren Slaves ohne Adreßzuordnung vorhanden sind und daraufhin in einen Betriebsmodus B schaltet, der den Empfang eines Tauftelegramms vom Master ermöglicht, mit dem die Adreßvergabe für diesen Slave erfolgt, wobei die weiteren Slaves ohne Adreßzuordnung, die nach ihrer eigenen Antwort Aktionen in dem Kommunikationssystem erkennen, erneut auf die Präambel des Masters warten.

Gleichfalls wird diese Aufgabe durch ein Kommunikationssystem mit mehreren für eine automatische Adreßvergabe geeigneten Kommunikationsteilnehmern, von denen mindestens einer, im folgenden Master, eine übergeordnete Funktion wahrnimmt, gelöst, wobei der Master zur Aussendung einer Signalfolge zur Adreßvergabe, im folgenden Präambel, geeignet ist, wobei die verbleibenden Kommunikationsteilnehmer, im folgenden Slaves, denen noch keine Adresse zugeordnet wurde, zur unverzüglichen Aussendung einer Signalfolge als Antwort auf die Präambel geeignet sind, wobei jeder Slave zur Überwachung des Kommunikationssystems nach dem Empfang der Präambel geeignet ist, wobei zumindest eine von einem Slave ausgesandte Signalfolge für die anderen Slaves als Aktion in dem Kommunikationssystem auswertbar ist, wobei das Ausbleiben der Aktion in dem Kommunikationssystem während einer vorgebbaren Zeitspanne für den betreffenden Slave dahingehend auswertbar ist, daß vom Master aus gesehen in dem Kommunikationssystem räumlich nach ihm keine weiteren Slaves ohne Adreßzuordnung vorhanden sind, so daß der betreffende Slave in einen Betriebsmodus schaltbar ist, der den Empfang eines Tauftelegramms vom Master ermöglicht, mit dem die Adreßvergabe für diesen Slave bewirkbar ist.

Für die Kommunikationsteilnehmer wird die Aufgabe einerseits durch einem übergeordneten Kommunikationsteilnehmer, im folgenden Master, der zur automatischen Adreßvergabe in einem Kommunikationssystem mit weiteren Kommunikationsteilnehmern, im folgenden Slaves, geeig-

net ist, gelöst, wobei der Master mindestens

- zur Aussendung einer Signalfolge zur Einleitung der Adreßvergabe, im folgenden Präambel,
- zum Empfang einer Antwortsignalfolge, die von einem der Slaves als Reaktion auf die Präambel aussendbar ist, und
- zur Aussendung eines Tauftelegramms an den Sender der Antwortsignalfolge geeignet ist

und andererseits mit einem Kommunikationsteilnehmer, im folgenden Slave, gelöst, der zum Einsatz einer im Kommunikationssystem mit automatischer Adreßvergabe, bewirkbar durch einen übergeordneten Kommunikationsteilnehmer, im folgenden Master, vorgesehen ist, wobei er

- in einem Konfigurationsmodus,
 - in dem er zur unverzüglichen Aussendung einer Signalfolge als Antwort auf eine vom Master aussendbare Präambel und zur Überwachung des Kommunikationssystems nach dem Empfang der Präambel geeignet ist,
 - wobei zumindest eine von einem anderen Slave ausgesandte Antwortsignalfolge für den Slave als Aktion in dem Kommunikationssystem auswertbar ist und wobei das Ausbleiben der Aktion in dem Kommunikationssystem während einer vorgebbaren Zeitspanne für den Slave dahingehend auswertbar ist, daß vom Master aus gesehen in dem Kommunikationssystem räumlich nach ihm keine weiteren Slaves ohne Adreßzuordnung vorhanden sind, und der Slave daraufhin in einen Betriebsmodus schaltbar ist,
 - und dem Empfangsmodus betreibbar ist, der mindestens den Empfang eines Tauftelegramms vom Master ermöglicht, mit dem die Adreßvergabe für den Slave bewirkbar ist.

Wenn anhand der Anzahl der von den Slaves gesendeten Antwortsignalfolgen die Anzahl der Slaves, denen noch keine Adresse zugeordnet ist, erkannt wird bzw. erkennbar ist, kann besonders leicht bewirkt werden, daß das Verfahren zur automatischen Adreßvergabe genau so oft ausgeführt wird, bis sämtlichen Slaves eine eindeutige Adresse zugeordnet ist.

Wenn der Master nach dem Taufen eines Slaves erneut eine Präambel aussendet, sofern feststeht, daß in dem Kommunikationssystem noch Slaves vorhanden sind, denen noch keine Adresse zugeordnet ist, ist sichergestellt, daß jedem Slave, dem noch keine Adresse zugeordnet ist, eine Adresse zugeordnet wird.

Wenn der Master während des Betriebs des Kommunikationssystems zu vorgebbaren Zeitpunkten bzw. in einem vorgebbaren Zeitraster erneut eine Präambel aussendet, ist sichergestellt, daß auch während des Betriebs des Kommunikationssystems neu hinzukommenden Kommunikationsteilnehmern eine Adresse zugeordnet wird.

Wenn die Adressen der Slaves in einer dem Abstand vom Master entsprechenden auf- oder absteigenden Reihenfolge vergeben werden, beinhaltet jede Adresse eines Slaves implizit eine relative Positionsinformation, die z. B. im Rahmen einer Fehlerlokalisierung auswertbar ist. So steht z. B. fest, wenn ein Slave mit der Adresse X erreichbar ist, der Slave mit der Adresse X + 1 hingegen nicht mehr erreichbar ist, daß das Kommunikationssystem, z. B. die Busleitung, zwischen dem Slave mit der Adresse X und dem Slave mit der Adresse X + 1 gestört, beschädigt oder unterbrochen sein muß.

Wenn anhand der Adressen der einzelnen Slaves eine Abbildung der Topologie der an den Bus angeschlossenen Slaves generierbar ist, können diese Informationen beispielsweise einem Projektierungswerkzeug zur Verfügung gestellt werden, so daß, wenn das Kommunikationssystem z. B. im Rahmen eines Automatisierungsvorhabens zur Steuerung und/oder Überwachung eines technischen Prozesses eingesetzt wird, ein geografisches Prozeßabbild erzeugt werden kann.

Weitere Vorteile und erfinderische Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels.

Dabei zeigen:

Fig. 1 eine vereinfachte Struktur eines Kommunikationssystems mit übergeordnetem Kommunikationsteilnehmer, Master, und nachgeordneten Slaves,

Fig. 2 eine schematische Darstellung der Abläufe bei der Ausführung des erfindungsgemäßen automatischen Adreßvergabeverfahrens,

Fig. 3 ein Blockschaltbild des Masters,

Fig. 4 ein Blockschaltbild des Slaves und

Fig. 5 ein Flußdiagramm zu den Vorgängen bei der erfindungsgemäßen Adreßvergabe für den Slave.

Die Erfindung befaßt sich mit einer automatischen Adreßvergabe in einem Kommunikationssystem. Im Ausführungsbeispiel wird als Kommunikationssystem exemplarisch der Profibus behandelt. Die vorliegende Erfindung ist jedoch keinesfalls auf dem Profibus beschränkt, sondern ist vorteilhaft auch in anderen Bussystemen der oben genannten Art einsetzbar, insbesondere im Falle von Bussystemen mit Busleitungen, bei denen keine teilnehmerbezogenen verzögernden Elemente vorgesehen sind, bei denen also Signalfolgen, die über den Bus übertragen werden, quasi zeitgleich bei den jeweiligen Kommunikationsteilnehmern anstehen und damit eine Signalfolge, ausgehend von einem Sender durch einem ersten Teilnehmer nicht derart beeinflussbar ist, daß ein nachfolgender Teilnehmer eine veränderte Signalfolge wahrnimmt.

Bisher ist beim Profibus eine automatische Vergabe von Adressen der Kommunikationsteilnehmer nicht möglich, da beim Profibus eine von dem übergeordneten Kommunikationsteilnehmer, dem Master, ausgesandte Signalfolge quasi zeitgleich bei sämtlichen Slaves ansteht. Wäre diese Signalfolge für die Adreßvergabe vorgesehen, würden sämtliche Slaves auf ein und dieselbe Signalfolge gleichzeitig reagieren; eine eindeutige Unterscheidung ist mithin nicht erreichbar.

Die erfindungsgemäße automatische Adreßvergabe, die nachfolgend exemplarisch für den Profibus weiter erläutert wird, basiert auf einer Distanzmessung auf dem Medium, wobei das Übertragungsmedium und damit die Signalausbreitungsgeschwindigkeiten keine Rolle spielen, so können zur EN50170 konforme Kabel, Lichtwellenleiter und Stecker eingesetzt werden.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens kann ein Kommunikationssystem mit mehreren Kommunikationsteilnehmern automatisch in Betrieb genommen werden. Es ist möglich, kollisionsfrei und ohne Absturz und Rekonfiguration des Kommunikationssystems sämtliche für die automatische Adreßvergabe vorgesehenen und vorbereiteten Kommunikationsteilnehmer mit einer Teilnehmeradresse zu versehen und in den Bus aufzunehmen.

Ferner ist mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Zuordnung der Teilnehmeradresse zum geografischen Einbaupunkt möglich.

Fig. 1 zeigt eine einfache Darstellung der Struktur eines Kommunikationssystems. An das Kommunikationssystem ist ein übergeordneter Kommunikationsteilnehmer M, der

Master M, und mindestens ein weiterer Kommunikationsteilnehmer S1, S2, ..., im folgenden Slave S1, S2, ..., angeschlossen.

Eine vom Master M ausgesandte Signalfolge gelangt grundsätzlich zu allen an den Bus angeschlossenen Slaves, S1, S2, Eine dedizierte Kommunikation zwischen einem Master M und einem Slave S1, S2, ... bzw. gegebenenfalls zwischen zwei Slaves S1, S2, ... untereinander ist erst dann möglich, nachdem den Slaves S1, S2, ... eine eindeutige Adresse zugewiesen wurde, anhand derer für diese jeweils erkennbar ist, daß eine Signalfolge, die wie beschrieben, grundsätzlich zu jedem Kommunikationsteilnehmer S1, S2, ... gelangt, genau für einen speziellen Kommunikationsteilnehmer M, S1, S2, ... bestimmt ist.

Aus diesem Grunde läuft auch das erfindungsgemäße Verfahren zur automatischen Adreßvergabe, bei dem also mindestens einem Slave S1, S2, ... noch keine Adresse zugeordnet ist, und also dieser mindestens eine Slave S1, S2, ... nicht eindeutig über eine Adresse ansprechbar ist, quasi "protokollfrei".

Wie weiter unten eingehend erläutert werden wird, weisen die für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ertüchtigten Slaves S1, S2, ... zu diesem Zweck Send- und Empfangsmittel auf, die während des protokollfreien Betriebs, der im folgenden als Konfigurationsmodus K bezeichnet wird, zum Einsatz kommen. Darüber hinaus weisen Sie selbstverständlich auch die üblichen Send- und Empfangsmittel auf, die im normalen Empfangsbetrieb zum Einsatz, bei dem das Senden und Empfangen von Signalfolgen möglich ist, die dem für das jeweilige Übertragungsmedium definierten Busprotokoll genügen. Dieser normale Empfangsmodus wird im folgenden als Betriebsmodus B bezeichnet.

Während der automatischen Adreßvergabe, während sich also die Slaves S1, S2, ..., denen bisher noch keine Adresse zugewiesen wurde, im Konfigurationsmodus K befinden, belegt der Master, der das erfindungsgemäße Verfahren zur automatischen Adreßvergabe initiiert, den Bus um eine Signalfolge auszusenden und gegebenenfalls den Empfang von Antwortsignalfolgen zu überwachen. Die Slaves S1, S2, ..., die während des Betriebs im Konfigurationsmodus K an kein Busprotokoll gebunden sind, detektieren empfangene Signalfolgen entsprechend ihrer zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneten internen Verschaltung und senden darüber hinaus gegebenenfalls eigene Signalfolgen als Reaktion auf die empfangenen Signalfolgen aus, ohne dabei eventuellen weiteren Datenverkehr auf den Kommunikationsmedium berücksichtigen zu müssen.

Der Master M, im Ausführungsbeispiel der Profibus-Master M, sendet zur automatischen Adreßvergabe eine bestimmte Signalfolge P, die Präambel P, über das Kommunikationssystem, den Profibus, aus und überwacht gleichzeitig das eventuelle Eintreffen von Antworten A als Reaktion auf diese Präambel P.

Die für die automatische Adreßvergabe vorgesehenen Slaves S1, S2, ... denen bisher keine eindeutige Adresse zugewiesen wurde, verbleiben bis zur Zuweisung einer eindeutigen Adresse im Konfigurationsmodus K, der einen Empfang, eine Detektion und eine unverzügliche Reaktion auf die Präambel P ermöglicht.

Der dem Master M räumlich in Bezug auf die Kommunikationsleitung am nächsten liegende Slave S1 empfängt und erkennt die Präambel P zeitlich als erster und antwortet unverzüglich mit einer minimalen Verzögerung, indem er eine Antwortsignalfolge A aussendet.

Währenddessen läuft das Signal P, die Präambel P, weiter zum nächsten Slave S2. Der Slave Sz, der entlang der Busleitung am weitesten vom Master M entfernt ist, empfängt

die Präambel P zeitlich als letzter. Auch dieser letzte Slave Sz sendet als Antwort auf die Präambel P unmittelbar eine Antwortsignalfolge A.

Alle räumlich vor diesem letzten Slave Sz liegenden Slaves S1, S2, ... haben die Präambel P bereits zeitlich vor diesem Slave Sz erhalten und erkennen anhand der Tatsache, daß – nachdem sie selbst auf die Präambel P mit ihrer Antwortsignalfolge A geantwortet haben – auch noch zu einem späteren Zeitpunkt eine Antwortsignalfolge A über den Bus läuft – nämlich die Antwortsignalfolge A des am weitesten entfernten Slaves Sz –, räumlich nach ihnen noch ein weiterer Kommunikationsteilnehmer Sz ohne Adresse an das Kommunikationssystem angeschlossen ist.

Die vor diesem letzten Slave Sz liegenden Kommunikationsteilnehmer S1, S2, ... erkennen also, daß sie selbst nicht der letzte Slave an der Kommunikationsleitung sind, wohingegen der letzte Slave Sz nach dem Aussenden seiner Antwortsignalfolge A noch eine bestimmte, vorgebbare Zeit den Bus überwacht und anhand der Tatsache, daß während des Verstreichens dieser Zeit keine weiteren Aktionen auf den Bus stattfinden – d. h. also z. B. keine weitere Antwortsignalfolge A über den Bus übertragen wird –, daß er tatsächlich der letzte Kommunikationsteilnehmer (ohne Adreßvorgabe) am Bus ist.

Der Konfigurationsmodus K gliedert sich dabei, wie vorstehend erläutert, in drei voneinander unabhängige Phasen, wobei in der ersten Phase P1 die Präambel P erkannt wird, in der zweiten Phase P2 als Antwort auf die Präambel P die Antwortsignalfolge A ausgesandt wird und in der dritten Phase P3 der Bus überwacht wird, wobei jede Aktion auf dem Bus, die in dieser dritten Phase P3 detektiert wird, aus Sicherheitsgründen dazu führt, daß der jeweilige Slave S1, S2, ... diesen Umstand dahingehend auswertet, daß sich noch weitere Slaves S1, S2, ... ohne Adreßvorgabe räumlich nach ihm befinden und folglich wieder in die erste Phase P1 des Konfigurationsmodus K zurückfällt, die den Empfang und die Detektion der Präambel P ermöglicht.

Nachdem für den betreffenden Slave Sz eindeutig feststeht, daß er tatsächlich der letzte Kommunikationsteilnehmer am Bus ist, schaltet der Slave Sz von seiner gegenwärtigen Betriebsart, dem Konfigurationsmodus K, der das Erkennen der Präambel P und das darauffolgende Aussenden der Antwortsignalfolge A ermöglicht, in einen Betriebsmodus B, der den Empfang eines Tauftelegramms T vom Master M ermöglicht, mit dem die Adreßvergabe für diesen Slave S1, S2, ... erfolgt.

Die verbleibenden Slaves S1, S2, ... ohne Adreßzuordnung verbleiben weiterhin im Konfigurationsmodus K, so daß sie das Tauftelegramm T des Masters M nicht auswerten bzw. gar nicht registrieren und warten auf eine erneute Präambel P des Masters M.

Beim nächsten Durchlauf des Verfahrens reagiert der gerade getaufte Slave Sz der sich ja nunmehr im normalen Betriebsmodus B befindet, nicht mehr auf die Präambel P und wird folglich – auch wenn eine Präambel P durch den Master M über den Bus geschickt wird – auf die Präambel P nicht mehr reagieren, insbesondere nicht mehr mit einer Antwortsignalfolge A reagieren. Aus diesem Grunde wird also gemäß dem oben beschriebenen Verfahren der dem zuvor getauften Slave Sz unmittelbar vorangehende Slave S1, S2, ... beim Empfang einer neuen Präambel P die Konstellationen auf dem Bus derart auswerten, daß er selbst der letzte Kommunikationsteilnehmer ohne Adreßzuweisung am Bus ist, und entsprechend in den normalen Betriebsmodus B schalten, der wiederum den Empfang des Tauftelegramms T ermöglicht.

Nachfolgend wird der Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand der Darstellung in Fig. 2, die exempla-

risch ein Orts-Zeit-Diagramm für ein Bussystem mit vier Slaves S1, S2, S3 ... Sz zeigt, nochmals erläutert:

Auf der Abszisse der Fig. 2 sind die Kommunikationsteilnehmer, der Master M und die Slaves S1, S2, S3 ... Sz dargestellt. Auf der Ordinate sind Zeitwerte, T0, T1 ... T11 dargestellt.

Zum Zeitpunkt T0 sendet der Master M die Präambel P. Die Präambel P trifft zum Zeitpunkt T1 beim Slave S1 ein. Der Slave S1 sendet zum Zeitpunkt T2 als Reaktion auf die Präambel P eine Antwortsignalfolge A1 aus, die sich – siehe Fig. 1 – sowohl in Richtung der weiteren Kommunikationsteilnehmer S2, S3 ... Sz, als auch in Richtung auf den Master M am Bus ausbreitet. Darüber hinaus wird natürlich auch die Präambel P am Bus in Richtung auf die weiteren Slaves S2, S3 ... Sz übertragen.

Zum Zeitpunkt T3 empfängt der Slave S2 die vom Master M ausgesandte Präambel P, dabei wird die später eintreffende Antwortsignalfolge A1 des Slaves S1 vom Slave S2 nicht erkannt bzw. nicht ausgewertet, denn das Überwachen des Busses durch den jeweiligen Slave S1, S2, ... erfolgt erst in der dritten Phase P3 des Konfigurationsmodus K. Der Slave S2 reagiert zum Zeitpunkt T4 auf die empfangene Präambel P mit dem Aussenden der Antwortsignalfolge A2, die sich wiederum in Richtung auf die vorangegangenen Kommunikationsteilnehmer M, S1 wie auch in Richtung der weiteren Slaves S3 ... Sz ausbreitet und sich dabei mit der vom ersten Slave S1 ausgesandten Antwortsignalfolge A1 weitestgehend überlappt (A ... 2).

Zum Zeitpunkt T5 erreicht die Präambel den Slave S3. Etwa zu diesem Zeitpunkt erreicht die vom Slave S1 ausgesandte Antwortsignalfolge A1 den Master M. Der Slave S3 reagiert zum Zeitpunkt T6 auf die empfangene Präambel P mit dem Aussenden der Antwortsignalfolge A3, die sich wiederum in Richtung des weiteren Slaves Sz wie auch in Richtung auf die vorangegangenen Kommunikationsteilnehmer M, S1, S2 ausbreitet (A3, A ... 3).

Zum Zeitpunkt T7 erreicht die vom Slave S2 ausgesandte Signalfolge A2 den Slave S1, der nach dem Aussenden der eigenen Antwortsignalfolge A1 vom Zeitpunkt T2 bis zum Zeitpunkt T7 in der dritten Phase P3 des Konfigurationsmodus K den Bus auf Aktionen überwacht hat und die vom Slave S2 ausgesandte Antwortsignalfolge A2 als Aktion auf den Bus erkennt, so daß damit für den Slave S1 feststeht, daß er selbst nicht der vom Master M aus gesehen letzte Kommunikationsteilnehmer am Kommunikationsmedium ist. Der Slave S1 fällt daraufhin im Konfigurationsmodus K wieder in die erste Phase P1 zurück, die den erneuten Empfang, die Detektion und die Reaktion auf eine vom Master M ausgesandte Präambel P ermöglicht.

Zum Zeitpunkt T8 erreicht die vom Slave S3 ausgesandte Signalfolge A3 den Slave S2, der dies gleichfalls – analog zur soeben geschilderten Situation – als Aktion auf dem Bus auswertet und erneut auf eine Präambel P wartet.

Zum Zeitpunkt T9 erreicht die vom Slave S2 ausgesandte Antwortsignalfolge A2 den Master M.

Zum Zeitpunkt T10 erreicht die vom Slave S3 ausgesandte Antwortsignalfolge A3 den Slave S1, der sich jedoch bereits wieder in der ersten Phase P1 des Konfigurationsmodus K befindet und folglich nicht auf die Antwortsignalfolge A3 reagiert.

Bereits zum Zeitpunkt T8 hat die Präambel P den letzten Slave Sz erreicht. Dieser reagiert zum Zeitpunkt T9 mit dem Aussenden der Antwortsignalfolge Az. Diese erreicht zum Zeitpunkt T11 den vor dem letzten Slave Sz liegenden Slave S3, der daraufhin – genau wie zuvor bereits die Slaves S1 und S2 – in die erste Phase P1 des Konfigurationsmodus K zurückschaltet, so daß damit auch für den Slave S3 feststeht, daß er selbst nicht der vom Master M aus gesehen letzte

Kommunikationsteilnehmer am Kommunikationsmedium ist. Zum Zeitpunkt T12 trifft die vom letzten Slave Sz ausgesandte Antwortsignalfolge Az beim Master M ein.

Da der Slave Sz der letzte Kommunikationsteilnehmer am Bus ist, empfängt nach diesem kein weiterer Kommunikationsteilnehmer die Präambel P. Folglich ist die vom letzten Slave Sz in Richtung auf den Master M über den Bus laufende Antwortsignalfolge Az die letzte mit der aktuellen Präambel P ausgelöste Antwortsignalfolge A. Der letzte Slave Sz empfängt also selbst beim aktuellen Durchlauf des erfindungsgemäßen Verfahrens keine Antwortsignalfolge A. Nach dem Aussenden der eigenen Antwortsignalfolge Az erkennt der letzte Slave Sz, der während der dritten Phase P3 seines Konfigurationsmodus K während einer vorgebbaren Zeit den Bus überwacht keine Aktionen, insbesondere keine Antwortsignalfolgen A, am Bus. (Die dritte Phase P3 des Konfigurationsmodus K ist für die jeweiligen Slaves S1, S2, ... in Fig. 2 jeweils mit dem vertikalen Pfeil angedeutet.) Nach Verstreichen dieser vorgebbaren Zeitspanne wertet der letzte Slave Sz die Tatsache des Nichteintreffens von Antwortsignalfolgen A von eventuellen weiteren Kommunikationsteilnehmern dahingehend aus, daß er selbst der vom Master M aus gesehen letzte Kommunikationsteilnehmer am Bus ist. Der Slave Sz schaltet daraufhin aus dem Konfigurationsmodus K in den Betriebsmodus B um.

Der Master M registriert das Eintreffen der Antwortsignalfolgen A, wobei die Antwortsignalfolge A1 des Slaves S1 gemäß Fig. 2 z. B. zum Zeitpunkt T4 eintrifft, diejenige des Slaves S2 gemäß Fig. 2 z. B. zum Zeitpunkt T9, diejenige des Slaves S3 gemäß Fig. 2 z. B. zum Zeitpunkt T11 usw.. Wenn der Master M während einer gleichfalls vorgebbaren Zeitspanne kein weiteres Eintreffen einer Antwortsignalfolge A detektiert, so steht fest, daß die letzte eingetroffene Antwortsignalfolge A die Antwortsignalfolge Az des vom Master M aus gesehen weitest entfernten Kommunikationsteilnehmers Sz ist. Dabei ist die vorgebbare Zeitspanne, während derer der Master M das Eintreffen von Antwortsignalfolgen A überwacht, im wesentlichen durch die maximale mögliche Ausdehnung des Kommunikationsmediums bestimmt.

Anhand der Zeitdifferenz zwischen dem Aussenden der Präambel zum Zeitpunkt T0 und dem Zeitpunkt T_x – gemäß Fig. 2 z. B. der Zeitpunkt T12 – des Eintreffens der letzten Antwortsignalfolge Az ist die Entfernung des letzten Kommunikationsteilnehmers Sz vom Master M ermittelbar. In Abhängigkeit von dieser Entfernung bzw. in Abhängigkeit von der Anzahl der am Kommunikationsmedium insgesamt vorhandenen Slaves S1, S2, ... ohne Adreßvergabe, wird dem jeweils letzten Kommunikationsteilnehmer Sz eine eindeutige Adresse zugewiesen.

Dies erfolgt mittels eines vom Master M ausgesandten Tauftelegrams T, das von den anderen Slaves ohne Adreßzuordnung S1, S2, ... die wieder in die erste Phase P1 des Konfigurationsmodus K zurückgefallen sind, nicht ausgewertet wird, jedoch vom jeweils letzten Kommunikationsteilnehmer, der sich nach Beenden der dritten Phase P3 des Konfigurationsmodus K nunmehr in den Betriebsmodus B geschaltet hat, empfangen und ausgewertet wird. Dieser Sachverhalt ist in Fig. 2 nicht mehr dargestellt.

Das Tauftelegramm T ist dabei so definiert, daß eventuelle am Kommunikationsmedium bereits vorhandene Slaves mit Adreßzuordnung auf dieses Tauftelegramm T nicht reagieren.

Auf diese Weise kann der Master M nach und nach nach dem oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren alle Slaves S1, S2, ... am Bus taufen. Dabei werden die Adressen der Slaves S1, S2, ... beispielsweise in einer dem Abstand vom Master M entsprechenden auf- oder absteigenden Rei-

henfolge vergeben, wobei z. B. im Fall einer absteigenden Reihenfolge beim ersten Durchlauf des erfindungsgemäßen Verfahrens demjenigen Slave S1, S2, ..., der sich zuerst für den Empfang des Tauftelegramms T bereitschaltet, als Adresse ein vorgebbare Startwert zugewiesen wird, der sukzessive bei jeder neuen Durchführung des Verfahrens inkrementiert wird. Werden dagegen die Adressen in einer dem Abstand vom Master M entsprechenden aufsteigenden Reihenfolge vergeben, wird z. B. entweder demjenigen Slave S1, S2, ..., der sich als erster für den Empfang des Tauftelegramms T bereitstellt, als Startadresse ein vorgebbare Wert zugewiesen, der bei jeder weiteren Ausführung des Verfahrens dekrementiert wird, oder der vorgebbare Wert wird in Anlehnung an die von den Slaves S1, S2, ... beim erstmaligen Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens gesendeten Antwortsignalfolgen A, aus denen die Anzahl der Slaves S1, S2, ..., denen noch keine Adresse zugeordnet ist, ableitbar ist, gebildet.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind die Kommunikationsteilnehmer, der Master M und die Slaves S1, S2, ... erfindungsgemäß folgendermaßen ausgestaltet:

Der Master M verfügt gemäß Fig. 3 über einen Sendekanal S und einen Empfangskanal E. Über den Sendekanal S werden die zu sendenden Daten TxD und über den Empfangskanal die empfangenen Daten RxD übertragen. Zum Aussenden der Präambel P weist der Master M einen Präambelgenerator PG auf. Die Präambel P gelangt über einen Ausgang des Präambelgenerators PG zum sendekanalseitigen Multiplexer MUX. Das Aussenden der Präambel P wird von einer Aktivierungs-/Initialisierungslogik I angestoßen. Von der Aktivierungs-/Initialisierungslogik I werden die beiden Multiplexer MUX zunächst so eingestellt, daß der Präambelgenerator PG mit dem Sendekanal S und der Empfangskanal E mit einer Vorrichtung AC (activity control), mit der Aktionen auf den Bus überwacht und erkannt werden, verbunden ist.

Nach dem Aussenden der Präambel P aktiviert der Präambelgenerator PG die Aktivitätskontrolle AC; gleichzeitig wird ein Timer TM gestartet. Werden jetzt nach dem Aussenden der Präambel P am Empfangskanal E Daten empfangen, gelangen diese aufgrund der oben beschriebenen Einstellung des Multiplexers MUX zur Aktivitätskontrolle AC, die daraufhin ein Signal ACa auslöst und das empfangene Signal in einem Latch LT zwischenspeichert. Die Zeit, die zwischen dem Aussenden der Präambel P und der Detektion einer Aktion auf dem Bus – im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens, also üblicherweise die Detektion der Antwortsignalfolge A – vergeht, ist anhand des vom Timer TM jeweils gelieferten Zeitsignals TMt ermittelbar.

Da sich die Antwortsignalfolgen A jedoch überlappen können oder aufgrund der jeweiligen Abtastfrequenz des Masters M nicht eindeutig unterscheidbar sind, ist für die Distanzmessung das zeitliche Auftreten in der letzten fallenden Flanke der Antwortsignalfolgen A relevant.

Nach Ablauf einer vorgebbaren Zeitspanne bewirkt der Timer TM das Umschalten sowohl des empfangskanalseitigen wie auch des sendekanalseitigen Multiplexers MUX, so daß die Sendeleitung S, wie auch die Empfangsleitung E, in an sich bekannter Weise mit den Schnittstellenbaustein UART verbunden sind.

Aus der Zeitdifferenz Δt ist damit jeweils mit der Signalausbreitungsgeschwindigkeit auf dem verwendeten Kommunikationsmedium die räumliche Entfernung zwischen dem Master M und einem eine Aktion auf dem Bus hervorruhenden Slave S1, S2, ... ermittelbar. Bei einer Signallaufzeit von 4,2 ns/m in Kupfer (Cu) braucht ein Signal vom Senden bis zum Empfang der Antwort pro Entfernungsmes-

ter 8,4 ns.

Üblicherweise ist in einem Profibusstecker eine LRC-Kombination als Filter gegen Störungen, z. B. Reflektionen, vorgesehen. Diese Kombination stellt eine Leitung mit ca. 10 m Länge dar. Bei einem darüber hinaus technisch bedingten Mindestabstand von 0,5 m zwischen den Slaves S1, S2, ... beträgt die Signallaufzeit vom Master bis zum nächstmöglichen Slave S1, S2, ... in Kupfer $1,5 \times 4,2 \text{ ns} = 6,3 \text{ ns}$.

Bis die Antwort den Master M wieder erreicht, vergehen $2 \times 6,3 \text{ ns}$ und damit ca. 12,6 ns. Zum Abtasten und Messen reicht damit eine Abtastfrequenz von ca. 100 MHz aus.

Die dem jeweiligen Slave S1, S2, ... mit dem Tauftelegramm T zuzuweisende Adresse ist damit als Funktion der Entfernung gemäß der oben erläuterten Gesetzmäßigkeiten ausdrückbar. Da zwischen zwei benachbarten Slaves S1, S2, ... ein Mindestabstand bestehen muß, der exemplarisch z. B. 1,0 m betrage, ist bei einer Zeitdifferenz Δt – z. B. $(2 \times 2,5 \text{ m} \times 4,2 \text{ ns/m}) = 21,0 \text{ ns} \leq \Delta t \leq (2 \times 3,5 \text{ m} \times 4,2 \text{ ns/m}) = 29,4 \text{ ns}$ – zwischen dem Aussenden der Präambel P und dem Detektieren der letzten fallenden Flanke der Antwortsignalfolge(n) A sichergestellt, daß eine Adresse für einen Slaves S1, S2, ... der sich im Abstand zwischen 2,5 m und 3,5 m vom Master M, mithin also an der vom Master M aus gesehen dritten möglichen Position am Bus befindet, zu vergeben ist.

Im Falle des vorstehend behandelten Zahlenbeispiels kann für den Slave z. B. die Adresse "3" vergeben werden, wobei dann die Adresse unmittelbar mit der Position am Bus korrespondiert und somit die Adresse unmittelbar als Positionsinformation auswertbar ist.

Es ist jedoch gleichfalls möglich, daß die Slaves S1, S2, ..., wie weiter oben beschrieben, auf- oder absteigend numeriert werden und jeweils eine dieser Numerierung entsprechende Adresse vergeben wird. Damit hat z. B. ein Slave S1 mit einem Abstand von 5 m vom Master M die Adresse "1", ein Slave S2 mit einem Abstand von 7 m vom Master die Adresse "2" und ein Slave S3 mit einem Abstand von 12 m vom Master die Adresse "3". Für diesen Fall verwaltet der Master M vorteilhafterweise eine Lookup-Tabelle LUT der eine Zuordnung zwischen den vergebenen Adressen und den bei der Adreßvergabe ermittelten Zeitdifferenzen Δt entnehmbar ist; $LUT = [(1; 5 \text{ m}), (2; 7 \text{ m}), (3; 12 \text{ m})]$. In diesem Falle ist die Positionsinformation der Lookup-Tabelle LUT an der durch die jeweilige Adresse festgelegten Position entnehmbar. Damit ist auch für später hinzukommenden Slaves S1, S2, ... die automatische Adressierung und die Ermittlung der Positionsinformation möglich. Ein neu hinzukommender Slave S4 mit einem Abstand von 9 m vom Master M kann ohne Umnummerierung der bereits adressierten Slaves S1, S2, S3 nicht mit monoton zu Entfernung vom Master steigender Adresse in den Bus aufgenommen werden; statt dessen wird dem neu hinzukommenden Slave S4 die nächste freie Adresse "4" zugewiesen, wobei jedoch anhand der Laufzeitdifferenz Δt dessen Entfernung zum Master M eindeutig ermittelbar ist, so daß über die Lookup-Tabelle $LUT = [(1; 5 \text{ m}), (2; 7 \text{ m}), (3; 12 \text{ m}), (4; 9 \text{ m})]$ die Positionsinformation wieder verfügbar ist.

Diese Positionsinformation kann einem Projektierungswerkzeug zur Verfügung gestellt werden, so daß ein geographisches Prozeßabbild erzeugbar ist.

Auch der Slave S1, S2 ... Sx weist gemäß Fig. 4 einen Sendekanal S und einen Empfangskanal E auf. Über den Sendekanal S werden zu sendende Daten TxD, über den Empfangskanal E empfangene Daten RxD übertragen. Sowohl im sendeseitigen wie auch im empfangsseitigen Kanal ist jeweils ein Multiplexer MUX angeordnet. Von einer Schaltlogik SL werden die beiden Multiplexer MUX zunächst so eingestellt, daß ein Mustergenerator MG zum Ge-

nerieren z. B. der Antwortsignalfolge A mit der Sendeleitung S verbunden ist. Eine für den Slave Sx spezifische Aktivitätskontrolle AC ist mit dem Empfangskanal E verbunden. Darüber hinaus ist in der so bewirkten Einstellung des empfangskanalseitigen Multiplexers MUX der Empfangskanal E auch mit einer Vorrichtung zur Mustererkennung PR (pattern recognition) verbunden.

Wenn über den Empfangskanal E eine Präambel P zum Slave Sx gelangt, erkennt die Vorrichtung zur Mustererkennung PR, im folgenden Präambeldetektor PR, diese Präambel P und aktiviert den Mustergenerator MG, der eine Antwortsignalfolge A auf den Sendekanal S gibt. Mit dem Aussenden der Antwortsignalfolge A aktiviert der Mustergenerator MG die Aktivitätskontrolle AC des Slaves Sx; gleichzeitig wird ein Timer TM angestoßen. Registriert die Aktivitätskontrolle AC Aktionen auf dem Empfangskanal E, so wird ein Signal ACa generiert, das erneut den Präambeldetektor PR aktiviert, so daß der Slave Sx erneut auf eine Präambel P reagieren kann (Rückfall aus der dritten Phase P3 des Konfigurationsmodus K in die erste Phase P1).

Registriert die Aktivitätskontrolle AC dagegen während einer vorgebbaren Zeitspanne, deren Ablauf durch den Timer TM signalisiert wird, keine Aktionen auf dem Bus, ist der Konfigurationsmodus K für diesen Slave Sx beendet. Es wird die Schaltlogik SL aktiviert, die sowohl den empfangskanalseitigen wie auch den sendekanalseitigen Multiplexer MUX derart umschaltet, daß der Empfangskanal E und der Sendekanal S direkt mit den Schnittstellenbaustein UART verbunden sind, so daß der Slave Sx in der Lage ist, reguläre Telegramme, insbesondere das Tauftelegramm T, vom Master M zu empfangen; der Slave Sx befindet sich jetzt im Betriebsmodus B.

Solange ein Slave S1, S2, ... unparametriert ist, ihm also noch keine Adresse zugewiesen ist, befindet er sich im Konfigurationsmodus K, in der während der ersten Phase P1 des Konfigurationsmodus K ein Präambeldetektor PR auf dem Empfangskanal E mithört, während der Sendekanal S mit einem Bitmuster-Generator MG verbunden ist.

Erkennt der Präambeldetektor PR eine Präambel P fehlerfrei, so generiert während der zweiten Phase P2 des Konfigurationsmodus K der Bitmuster-Generator MG unverzüglich die Antwortsignalfolge A für den Master M.

Empfängt der Slave S1, S2, ... während der darauffolgenden dritten Phase P3 des Konfigurationsmodus K eine bestimmte, vorgebbare Zeit kein weiteres Signal, so steht damit fest, daß er derjenige Slave S1, S2, ... ist, der vom Master M räumlich am weitesten entfernt ist und somit der letzte Kommunikationsteilnehmer ohne Adreßzuordnung am Übertragungsmedium ist.

Im Konfigurationsmodus K ist das Umschalten von einer Phase P1, P2, P3 in die nächste Phase P1, P2, P3 nur möglich, wenn die zeitlich vorangehende Phase P1, P2, P3 sicher abgeschlossen wurde. Das Umschalten in den Betriebsmodus B, ausgehend von den Konfigurationsmodus K ist nur möglich, wenn sämtliche drei Phasen P1, P2, P3 des Konfigurationsmodus K in der vorgesehenen Reihenfolge sicher abgeschlossen sind. Den zeitlichen Ablauf der verschiedenen Modi und Phasen, die ein Slave S1, S2, ... während des Ablaufs des erfindungsgemäßen Verfahrens durchläuft, sind abschließend nochmals in Fig. 5 dargestellt.

Ein Slave S1, S2, ..., der einem Kommunikationssystem neu zugeordnet werden soll, dem also noch keine Adresse, über die er eindeutig ansprechbar ist, zugeordnet ist, befindet sich zunächst im Konfigurationsmodus K. Der Konfigurationsmodus K ist in drei zeitlich aufeinander folgende Phase aufteilbar. Während der ersten Phase P1 überwacht der Slave S1, S2, ... das Kommunikationsmedium auf das Auftreten einer Präambel P; in Fig. 5 als "P?" dargestellt.

Solange keine Präambel P erkannt wird, verbleibt der Slave S1, S2, ... in der ersten Phase P1 des Konfigurationsmodus K. Wird dagegen die Präambel P erkannt, wird während der zweiten Phase P2 des Konfigurationsmodus K als Antwort auf die Präambel P die Antwortsignalfolge A ausgesandt; in Fig. 5 als "A" dargestellt. Nach dem Aussenden der Antwortsignalfolge A überwacht der Slave S1, S2, ... in der dritten Phase P3 des Konfigurationsmodus K während einer vorgebbaren Zeitspanne den Bus auf das Auftreten einer von einem anderen Kommunikationsteilnehmer ausgesandten Antwortsignalfolge A; in Fig. 5 als "A?" dargestellt. Wird während der dritten Phase P3 eine Antwortsignalfolge A erkannt, fällt der Slave S1, S2, ... wieder in die erste Phase P1 des Konfigurationsmodus K zurück. Wird dagegen während der vorgebbaren Zeitspanne – wobei die zeitliche Komponente in der Darstellung gemäß Fig. 5 nicht berücksichtigt ist – keine Antwortsignalfolge A erkannt wird aus dem Konfigurationsmodus K in den Betriebsmodus B umgeschaltet. Der Betriebsmodus B ermöglicht den Empfang des Tauftelegramms T vom Master M; in Fig. 5 als "T?" dargestellt. Mit dem Empfang des Tauftelegramms T ist dem betreffenden Slave S1, S2, ... eine eindeutige Adresse zuweisbar, über die er während der normalen Operation im Betriebsmodus B ansprechbar ist und damit Telegramme nach dem für das Kommunikationssystem definierten Busprotokoll senden und empfangen kann; in Fig. 5 nur schematisch durch die "black box" nach dem Empfang des Tauftelegramms T dargestellt.

Mit den während der normalen Operation empfangenen Telegrammen erfolgt – üblicherweise unmittelbar im Anschluß an die Adreßzuweisung – der normale Zyklus zur Parametrierung eines Slaves (Baudratensuche, Parametrierung, etc.).

Die im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendeten Signalfolgen, also z. B. die Präambel P oder die Antwortsignalfolge A, müssen so gewählt werden, daß sie den normalen Kommunikationsbetrieb nicht beeinträchtigen und sicher als Präambel P bzw. als Antwortsignalfolge A erkennbar sind.

Abschließend läßt sich die vorliegende Erfindung zusammenfassen wie folgt kurz darstellen: Es wird ein auf einer Distanzmessung beruhendes Verfahren zur automatischen Adreßvergabe angegeben, wobei ein Master M über den Bus eine Präambel P aussendet, die von sämtlichen zu adressierenden Slaves S1, S2, ... empfangen wird. Die Slaves S1, S2, ... reagieren auf die Präambel P mit dem Aussenden einer Antwortsignalfolge A. Ein in Richtung auf den Master M vor einem eine Antwortsignalfolge A aussendenden Slave S3 liegender Slave S2 registriert die Antwortsignalfolge A des Slaves S3 und wartet daraufhin auf eine neue Präambel P. Der Slave Sz, der keine Antwortsignalfolgen A von anderen Slaves S1, S2, ... registriert, ist der vom Master M aus gesehen letzte Slave Sz ohne Adreßzuordnung am Bus. Dieser Slave Sz schaltet sich zum Empfang eines Tauftelegramms T vom Master M bereit, mit dem ihn eine eindeutige Adresse zugewiesen wird. Beim nächsten Durchlauf des Verfahrens reagiert der gerade getaufte Slave Sz nicht mehr auf die Präambel P, so daß ein anderer Slave S1, S2, ... die Konstellationen am Bus derart auswertet, daß er sich für den Empfang des Tauftelegramms T bereitstellt. Auf diese Weise werden nach und nach sämtliche Slaves S1, S2, ... ohne Adresse getauft.

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Adreßvergabe in einem Kommunikationssystem mit mehreren Kommunikationsteilnehmern (M, S1, S2, ...) von denen minde-

stens einer, im folgenden Master (M), eine übergeordnete Funktion wahrnimmt, wobei der Master (M) zur Adreßvergabe eine bestimmte Signalfolge (P), im folgenden Präambel (P), aussendet, die von den verbleibenden Kommunikationsteilnehmern (S1, S2, ...), im folgenden Slaves (S1, S2, ...), empfangen wird, wobei jeder Slave (S1, S2, ...), dem noch keine Adresse zugeordnet wurde, als Antwort auf die Präambel (P) unverzüglich eine Signalfolge (A) aussendet, wobei derjenige Slave (S1, S2, ...), der die Präambel (P) zeitlich zuletzt empfängt, anhand der Tatsache, daß nach der von ihm ausgesandten Signalfolge (A) innerhalb einer vorgegebenen Zeit keine weiteren Aktionen in dem Kommunikationssystem stattfinden, erkennt, daß in dem Kommunikationssystem räumlich nach ihm keine weiteren Slaves (S1, S2, ...) ohne Adreßzuordnung vorhanden sind und daraufhin in einen normalen Empfangsmodus schaltet, der den Empfang eines Tauftelegramms (T) vom Master (M) ermöglicht, mit dem die Adreßvergabe für diesen Slave (S1, S2, ...) erfolgt, wobei die weiteren Slaves (S1, S2, ...) ohne Adreßzuordnung, die nach ihrer eigenen Antwort (A) Aktionen in dem Kommunikationssystem erkennen, erneut auf die Präambel (P) des Masters (M) warten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Master (M) anhand der Anzahl der von den Slaves (S1, S2, ...) gesendeten Antworten (A) die Anzahl der Slaves (S1, S2, ...) denen noch keine Adresse zugeordnet ist, erkennt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Master (M) nach dem Taufen eines Slaves (S1, S2, ...) erneut eine Präambel (P) aussendet, wenn feststeht, daß in dem Kommunikationssystem noch Slaves (S1, S2, ...) vorhanden sind, denen noch keine Adresse zugeordnet ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Master (M) während des Betriebs des Kommunikationssystems zu vorgebbaren Zeitpunkten bzw. in einem vorgebbaren Zeitraster erneut eine Präambel (P) aussendet.

5. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Adressen der Slaves (S1, S2, ...) in einer dem Abstand vom Master (M) entsprechenden auf- oder absteigenden Reihenfolge vergeben werden.

6. Verfahren nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß anhand der Adressen der einzelnen Slaves (S1, S2, ...) eine Abbildung der Topologie der in dem Kommunikationssystem vorhandenen Slaves (S1, S2, ...) generiert wird.

7. Kommunikationssystem mit mehreren, für eine automatische Adreßvergabe geeigneten Kommunikationsteilnehmern (M, S1, S2, ...) von denen mindestens einer, im folgenden Master (M), eine übergeordnete Funktion wahrnimmt, wobei der Master (M) zur Aussendung einer bestimmten Signalfolge (P) zur Adreßvergabe, im folgenden Präambel (P), geeignet ist, wobei die verbleibenden Kommunikationsteilnehmer (S1, S2, ...), im folgenden Slaves (S1, S2, ...), denen noch keine Adresse zugeordnet wurde, zur unverzüglichen Aussendung einer Signalfolge (A) als Antwort auf die Präambel (P) geeignet sind, wobei jeder Slave (S1, S2, ...) zur Überwachung des Kommunikationssystems nach dem Empfang der Präambel (P) geeignet ist, wobei zumindest eine von einem Slave (S1, S2, ...) ausgesandte Signalfolge (A) für die anderen Slaves (S1, S2, ...) als Aktion in dem Kommunikationssystem auswertbar ist, wobei das Ausbleiben der Aktion in dem Kom-

munikationssystem während einer vorgebbaren Zeitspanne für den betreffenden Slave (S1, S2, ...) dahingehend auswertbar ist, daß in dem Kommunikationssystem räumlich nach ihm keine weiteren Slaves (S1, S2, ...) ohne Adreßzuordnung vorhanden sind, so daß der betreffende Slave (S1, S2, ...) in einen normalen Empfangsmodus schaltbar ist, der den Empfang eines Tauftelegramms (T) vom Master (M) ermöglicht, mit dem die Adreßvergabe für diesen Slave (S1, S2, ...) bewirkt ist.

8. Kommunikationssystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß für den Master (M) anhand der Anzahl der von den Slaves (S1, S2, ...) gesendeten Antwortsignalfolgen (A) die Anzahl der Slaves (S1, S2, ...) denen noch keine Adresse zugeordnet ist, erkennbar ist.

9. Kommunikationssystem nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß während des Betriebs zu vorgebbaren Zeitpunkten bzw. in einem vorgebbaren Zeitraster durch den Master (M) erneut eine Präambel (P) aussendbar ist.

10. Kommunikationssystem nach Anspruch 7, 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Adressen der Slaves (S1, S2, ...) in einer dem Abstand vom Master (M) entsprechenden auf- oder absteigenden Reihenfolge vergebbar sind.

11. Kommunikationssystem nach Anspruch 7, 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß anhand der Adressen der einzelnen Slaves (S1, S2, ...) eine Abbildung der Topologie der in dem Kommunikationssystem vorhandenen Slaves (S1, S2, ...) generierbar ist.

12. Übergeordneter Kommunikationsteilnehmer, im folgenden Master (M), der zur automatischen Adreßvergabe in einem Kommunikationssystem mit weiteren Kommunikationsteilnehmern (S1, S2, ...), im folgenden Slaves (S1, S2, ...), geeignet ist, wobei der Master (M) mindestens

- zur Aussendung einer Signalfolge (P) zur Einleitung der Adreßvergabe, im folgenden Präambel (P),

- zum Empfang einer Antwortsignalfolge (A), die von einem der Slaves (S1, S2, ...) als Reaktion auf die Präambel (P) aussendbar ist,

- zur Aussendung eines Tauftelegramms zur Adreßvergabe geeignet ist und nach dem Taufen eines Slaves (S1, S2, ...) erneut eine Präambel (P) aussendbar ist, wenn feststeht, daß in dem Kommunikationssystem noch Slaves (S1, S2, ...) vorhanden sind, denen noch keine Adresse zugeordnet ist.

13. Übergeordneter Kommunikationsteilnehmer nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch Mittel zur Erkennung der Anzahl der von den Slaves (S1, S2, ...) gesendeten Antwortsignalfolgen (A).

14. Übergeordneter Kommunikationsteilnehmer nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß während des Betriebs des Kommunikationssystems zu vorgebbaren Zeitpunkten bzw. in einem vorgebbaren Zeitraster erneut eine Präambel (P) aussendbar ist.

15. Übergeordneter Kommunikationsteilnehmer nach Anspruch 12, 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Adressen der Slaves (S1, S2, ...) in einer dem Abstand vom Master (M) entsprechenden auf- oder absteigenden Reihenfolge vergebbar sind.

16. Übergeordneter Kommunikationsteilnehmer nach Anspruch 13, 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß anhand der Adressen der Slaves (S1, S2, ...) eine Abbildung der Topologie der in dem Kommunikationssy-

stem vorhanden Slaves (S1, S2, ...) generierbar ist.

17. Kommunikationsteilnehmer, im folgenden Slave (S1, S2, ...), der zum Einsatz in einem Kommunikationssystem mit automatischer Adreßvergabe, bewirkbar durch einen übergeordneten Kommunikationsteilnehmer (M), im folgenden Master (M), vorgesehen ist, wobei er

- in einem Konfigurationsmodus betreibbar ist,
 - in dem er zur unverzüglichen Aussendung einer Signalfolge (A) als Antwort auf eine vom Master (M) aussendbare Präambel (P) und zur Überwachung des Kommunikationssystems nach dem Empfang der Präambel (P) geeignet ist,
 - wobei zumindest eine von einem anderen Slave (S1, S2, ...) ausgesandte Antwortsignalfolge (A) für den Slave (S1, S2, ...) als Aktion in dem Kommunikationssystem auswertbar ist und wobei das Ausbleiben der Aktion in dem Kommunikationssystem während einer vorgebbaren Zeitspanne für den Slave (S1, S2, ...) dahingehend auswertbar ist, daß in dem Kommunikationssystem räumlich nach ihm keine weiteren Slaves (S1, S2, ...) ohne Adreßzuordnung vorhanden sind, und der Slave (S1, S2, ...) daraufhin in einen Betriebsmodus schaltbar ist,
- und dem Betriebsmodus betreibbar ist, der mindestens den Empfang eines Tauftelegramms (T) vom Master (M) ermöglicht, mit dem die Adreßvergabe für den Slave (S1, S2, ...) bewirkbar ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

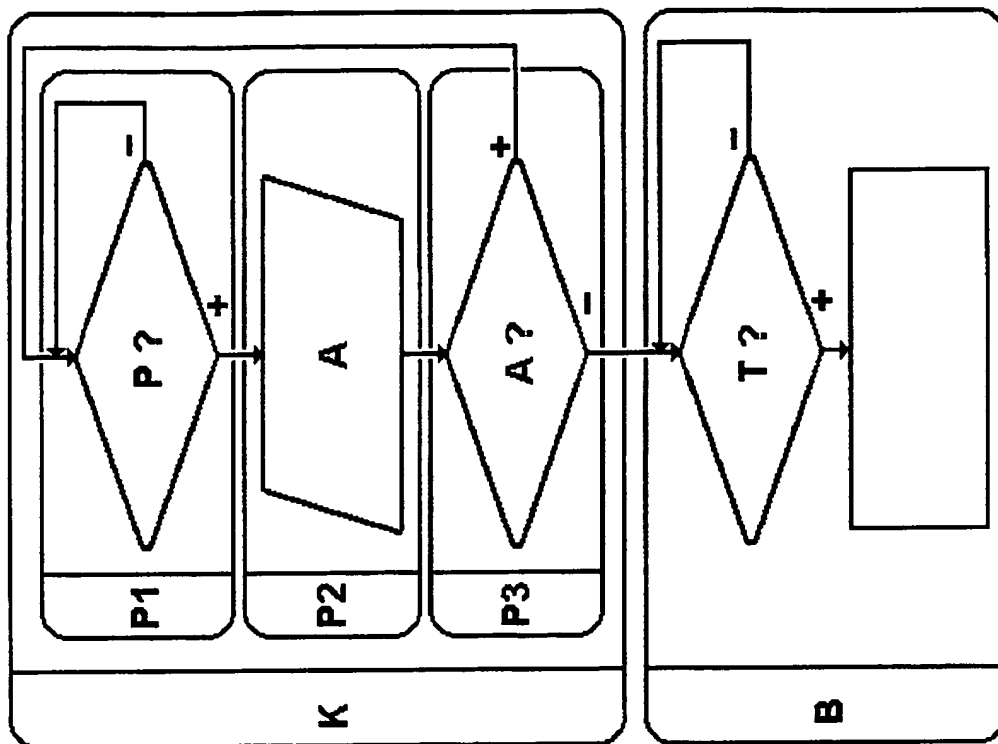


FIG 5

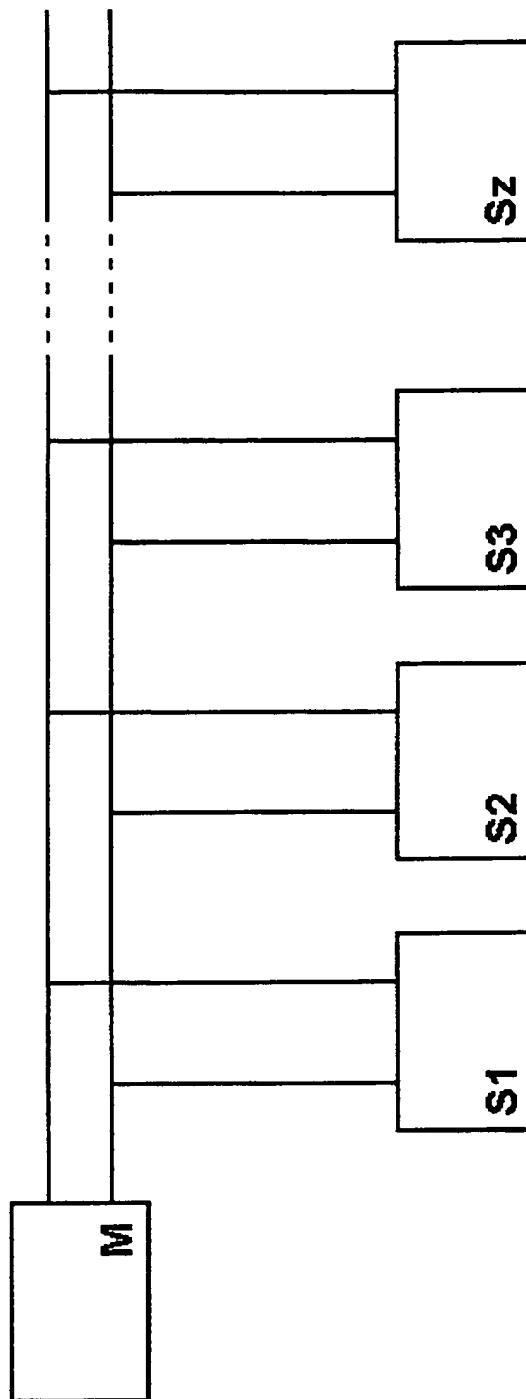


FIG 1

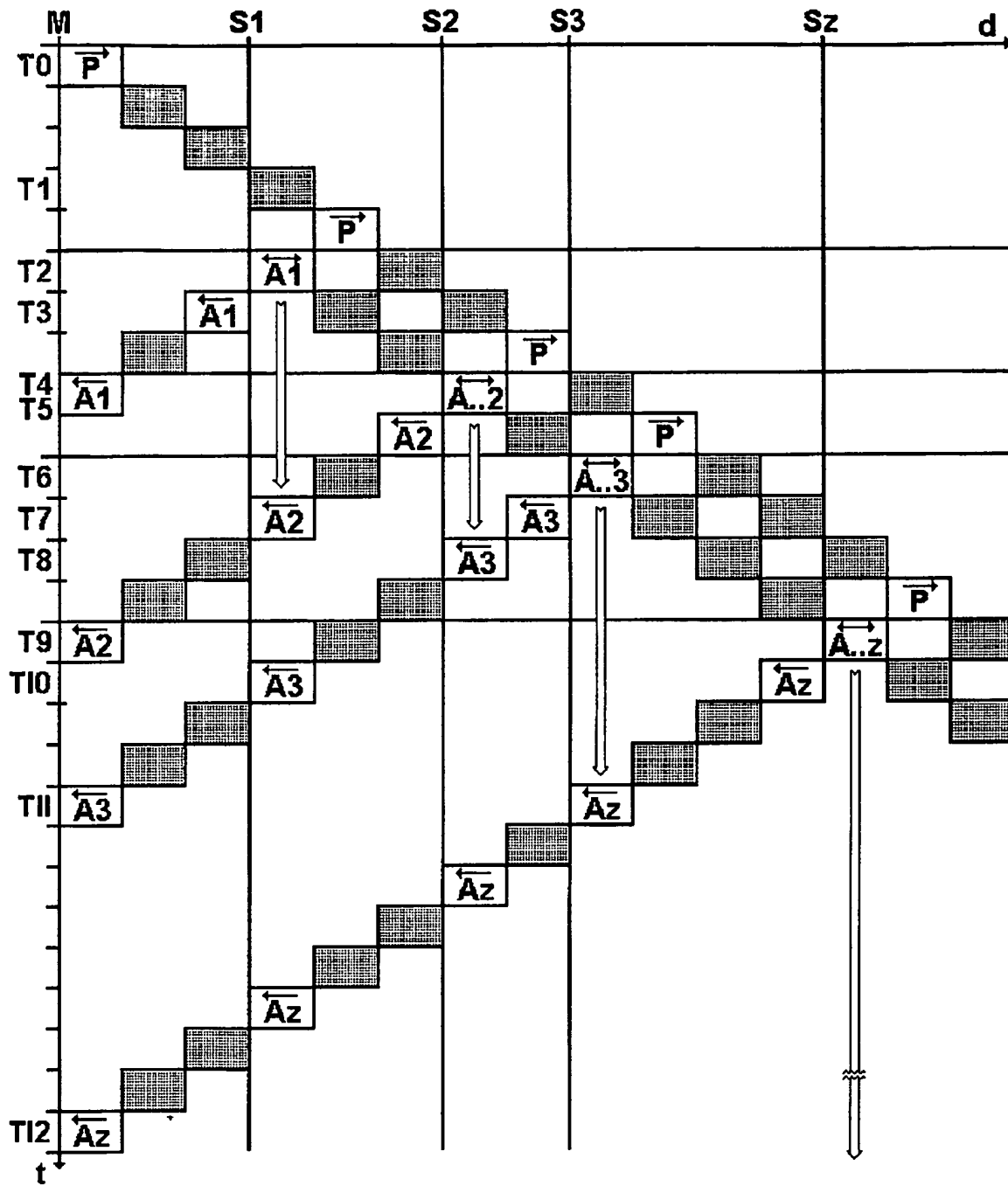


FIG 2

NOT AVAILABLE COPY

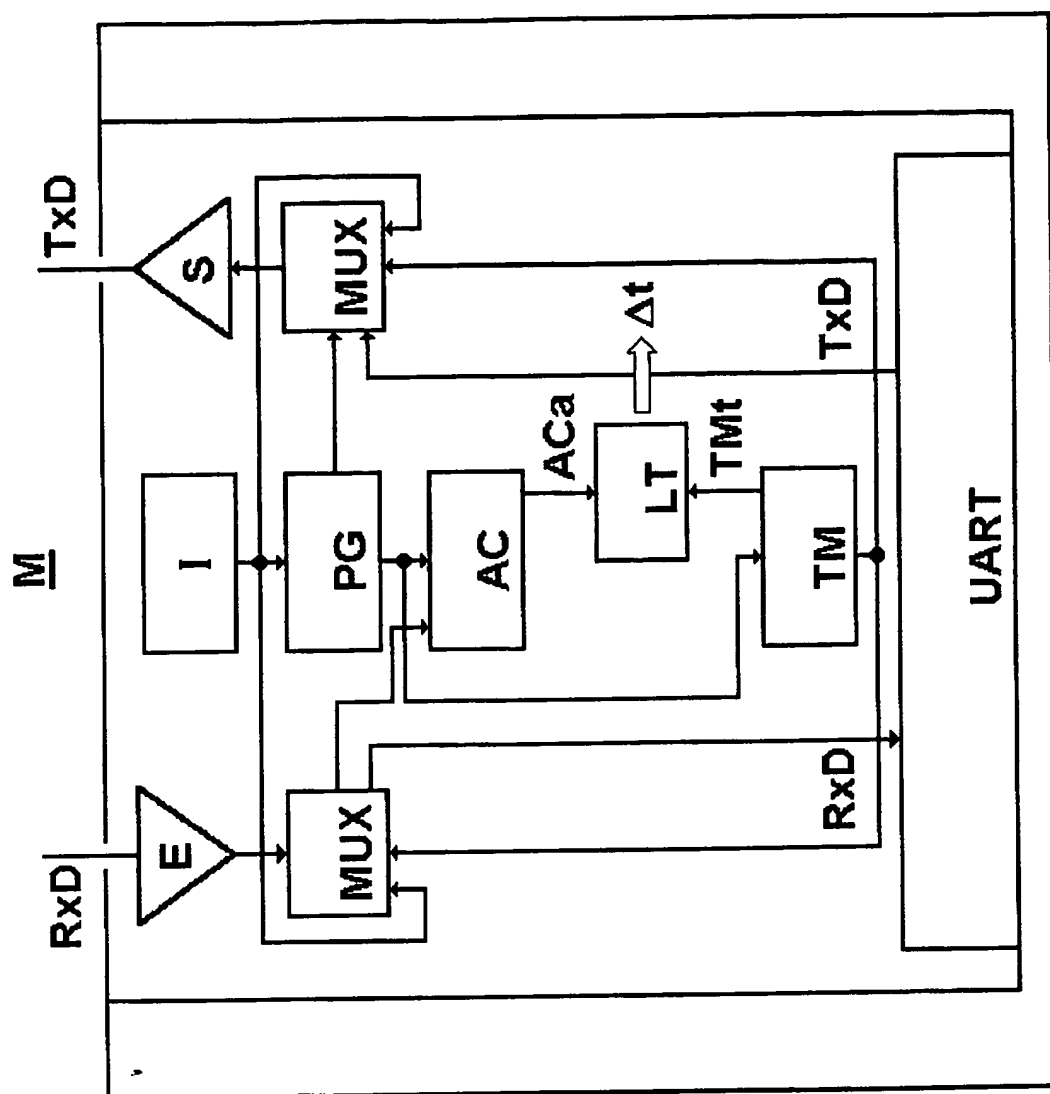


FIG 3

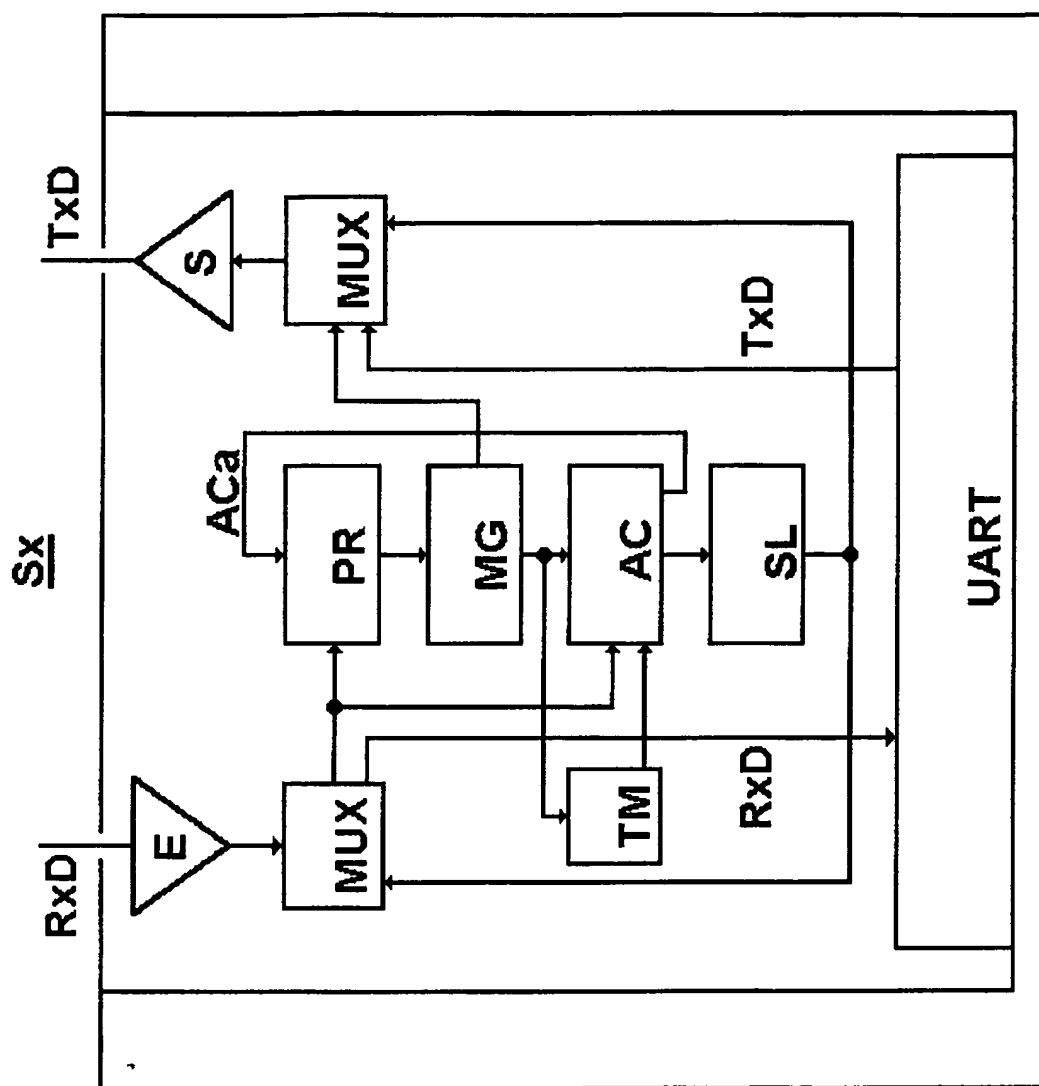


FIG 4